جامعة دمشق
كلية الآداب والعلوم الإنسانية
قسم الجغرافية

العواصف الرعدية وآثارها البيئية في الأرّدن

رسالة أعدت لنيل درجة الدكتوراه في الجغرافية الطبيعية

(تخصص مناخ)

إعداد الطالب
سطام سالم مقبل الشقور

إشراف
الأستاذ الدكتور علي حسن موسى

المشرف المشارك
الأستاذ الدكتور إبراهيم مطيع العرود

دمشق 2010 م – 1431 هـ

أ.د. عادل شعيب السعدي

أ.د. أمير ...

أ. د. علي سرى

د. فواز الموسى

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ أَلَمْ تَرَ أَنَّ ٱللَّهَ يُزْجِي سَحَابًا ثُمَّ يُؤَلِّفُ بَيْنَهُۥ ثُمَّ يَجْعَلُهُۥ رُكَامًا فَتَرَى
ٱلْوَدْقَ يَخْرُجُ مِنْ خِلَٰلِهِۦ وَيُنَزِّلُ مِنَ ٱلسَّمَآءِ مِن جِبَالٍ فِيهَا مِنۢ بَرَدٍ فَيُصِيبُ بِهِۦ
مَن يَشَآءُ وَيَصْرِفُهُۥ عَن مَّن يَشَآءُ ۖ يَكَادُ سَنَا بَرْقِهِۦ يَذْهَبُ بِٱلْأَبْصَٰرِ ﴿٤٣﴾ ﴾

صدق الله العظيم

{سورة النور، آيه **43**}

الإهداء

إلى ترابها الطاهر ... إلى سمائها ومائها... وأهلها الصامدون

الأرض المحتلة، فلسطين .. والعراق .. والجولان

إلى الشهداء الأبرار الذين ذهبوا لكي نبقى

إلى الشعاع الذي ملأ وجودي والرمز الذي كنت أستمد منه العزم والإرادة، إلى روحه الباقية للأبد.....أبي رحمه الله

إلى التي جهدت لأكون، وغمرت قلبي بالمحبة والحنان......أمي الحنونة

إلى صاحبة القلب الوفي رفيقة الدرب وأنيسة الروح.......أم عمار الغالية

إلى فلذات كبدي ونبضات قلبي..... دارين وأغادير، عمار وعمرو

إلى أخوتي وأخواتي الأعزاء

إلى أحمد .. وسالم .. ووسام

وكل من أحب

إليهم جميعاً أهدي جهدي المتواضع

سطام الشقور

شكر وتقدير

{{ ولئن شكرتم لأزيدنكم }}

الشكر لله تعالى أولاً وأخيراً على ما أنعم به عليّ وتفضل، ثم أتقّدم بجزيل الشكر وعظيم الامتنان وبالغ العرفان إلى أستاذي الفاضل الدكتور علي حسن موسى أستاذ علم المنـــاخ في جامعة دمشق، لما بذله من جهد كبير وما قدمه لي من توجيه مميز ودعم منقطع النظير طيلة فترة دراستي، لذا فإنني أضرع إلى الله أن يمد في عمره ويجزيه عني خير الجزاء.

ولا يفوتني أن أعبر عن جم شكري وتقديري لأستاذي ومعلمي الذي تتلمذت على يديه منذ مراحل دراستي الجامعية الأولى الدكتور إبراهيم مطيع العرود أستاذ علم المناخ وعميـــد كلية العلوم الإجتماعية بجامعة مؤته، الذي كان جهده معي سخياً وفياً، فلم يبخـــل علـــيّ بعلمه ومعرفته وأمدني بالكتب والمراجع والملاحظات، ورفع المعنويات حتى وصلت إلى مـــا وصلت إليه فجزاه الله عني خير الجزاء.

ومن تمام الشكر أن اتوجه بأسمى آيات التقدير والعرفان إلى الأستاذة الأفاضل أعضاء لجنة الحكم الذين شرفوني بقبول مناقشة رسالتي وتجشّموا عناء القراءة والحكم، والشكر موصول إلى كل من و قف إلى جانبي في جميع مراحل دراستي، وكل من قدم لي أي دعم أو مساعدة ساهمت في إتمام هذا الدراسة، والاعتذار مقدماً لمن نسيته سهواً، فله مني كل الشكر والمحبة والتقدير.

الملخص

تناولت هذه الدراسة سينوبتيكية وديناميكية حدوث العواصف الرعدية في المملكة الأردنية الهاشمية، من خلال تحليل خرائط الطقس السطحية عند مستوى سطح البحر، والعلوية عند مستويات ضغط مختلفة، وقد شملت الدراسة اثنتي عشر محطة مناخية ممثلة لمناطق الأردن كافة، تمّ فيها التعرف على التوزع الزماني والمكاني لعدد أيام العواصف الرعدية خلال الفترة الممتدة من 1977 – 2006.

كذلك تم تعرّف الظروف الجوية (السطحية والعلوية) المصاحبة للعواصف الرعدية، وتحليل انعكاساتها البيئية في الأردنّ خلال الفترة الممتدة من 1999 – 2008. وقد شملت دراسة الحالة الجوية التي بدأ تأثيرها على الأردن يوم 25 / 2 / 2010، كحالة نموذجية لحالات عدم الاستقرار الجوي التي ترافقت بعواصف رعدية، وكانت من الحالات المرافقة للجبهات الباردة التي يتأثر بها الأردن شتاءً، وتم تحليل التغيرات الجوية السطحية والعلوية التي طرأت على حالة الجو خلال الفترة من 24 – 27 /2 / 2010.

وقد بينت نتائج الدراسة أن الظروف السينوبتيكية المؤدية لتطور العواصف الرعدية في الأردن هي: الجبهات الباردة، المنخفضات الخماسينية، منخفضات البحر الأحمر، كذلك تبين أن التوزع المكاني لعدد أيام العواصف الرعدية يتناقص في الأردنّ وفق اتجاهين، الأول: باتجاه الشرق متوافقاً مع زيادة خط الطول، والثاني: باتجاه الجنوب بالتوافق مع تناقص درجة العرض.

وقد اظهرت الدراسة شدة التقلبات السنوية والفصلية والشهرية لعدد أيام العواصف في محطات الدراسة؛ ويعود سبب ذلك للحركة الجوية العامة في منطقة شرق البحر المتوسط، كذلك أخذ عدد أيام العواصف اتجاهاً عاماً متناقصاً في المحطات كافة طيلة فترة الدراسة، مما انعكس على تناقص الاتجاه العام للأمطار، وأخيراً تبيّن أنّ الظروف الجوية المصاحبة للعواصف الرعدية تحدث اضراراً صحية وبيئية واقتصادية ذات آثار خطيرة.

فهرس المحتويات

فهرس الجــــــداول

فهرس الأشكال

فهرس الخرائـــــط

مقـــدمةالـــدراســـة

أولاً: المقدمة

ثانياً:أهمية الدراسة ومبرراتها

ثالثاً:مشكلةالدراسة

رابعاً:أهداف الدراسة

خامساً: منهجيةالدراسةوأساليبها

سادساً:الدراسات السابقة

سابعاً:الصعوبات التي واجهت الدراسة

أولاً: المقدمة

حاول الإنسان منذ بداية وجوده وعلى مرّ العصور التاريخية الكشف عن الظواهر الطبيعية المختلفة والتغيّرات الفجائية للأحوال الجوية التي تشكّل خطراً على حياته وممتلكاته، كالعواصف الرّعدية التي تعدّ من أخطر الظواهر الجوية التي يتعرض لها سطح الأرض، وهي أكثر عنفاً وتأثيراً بالمقارنة مع بعض الأخطار الجوية الأخرى.

والعاصفة الرعدية Thunder Storm ظاهرة جوية شديدة العنف تنتج عن حالة عدم استقرار عميقة في طبقة التروبوسفير، يقترن بها تيارات هوائية صاعدة قد تصل سرعتها إلى أكثر من 45 م/ث.[1] كما يقترن بها تفريغ كهربائي (البرق) وصوت حاد (الرعد)، وكثيراً ما يصحبها هطول على شكل زخات مطرية غزيرة أو بَرَد أو ثلج، وقد يترك هذا الهطول وما يرافقة من عنف وغزارة آثاراً سلبية كبيرة.

وتحظى العواصف الرعدية باهتمام عالمي ومحلي كبيرين، لما لها من آثار سلبية على البيئة الحيوية والأنشطة البشرية؛ حيث تدمر المنشآت وتعطل حركة النقل الجوي والبري على حد سواء وتدمرالقطاع الزراعي؛ بسبب ما يصحبها من فيضانات وميضية مفاجئة Flash Floods كما حدث في منطقة جـــدّه بالمملكة العربية السعودية نهـــاية شهر تشرين الثاني عام 2009.

ومن هنا يأتي الاهتمام بتطوير قدرة الدول والأفراد على مواجهة الأخطار الناجمة عن العواصف الرعدية ومحاولة الحد من نتائجها الكـــارثية، لا سيـــما أنّ الفيضانات الناجمة عنها تسببت خلال العقدين الماضيين بنحو 60 % من المجموع الكلي للخسائر الإقتصادية الناتجة عن الكوارث الطبيعية في العالم.[2]

1- يوسف فايد، جغرافية المناخ والنبات، ط 5 (دار الفكر العربي، القاهرة: 2005) ص: 202.

2- تقرير الكوارث العالمية، 2006، متوفر عبر الموقع الإلكتروني التالي:

-www.unep.org/GC/GCSS-IX/Documents/K0584609.a.doc. 29 sept.2007.

ويقدر عدد العواصف الرعدية التي تحدث على سطح الأرض بنحو 45,000 عاصفة يومياً، أي حوالي 16 مليون عاصفة في السنة[1]، وباستثناء المناطق القطبية التي يسود غلافها الجوي الأدنى (التروبوسفير) انقلاب حراري دائم، تعتبر كافة مناطق الكرة الأرضية عرضة لحدوث العواصف الرعدية، ويتكرر حدوثها بكثرة في المناطق الإستوائية والمدارية لتكون حالات عدم استقرار جوي حراري - خاصة المناطق الإستوائية - لوجود ضغط جوي سطحي منخفض يؤدي لالتقاء الرياح التجارية الحارة الرطبة التي ترتفع للأعلى مكونة السحب الرعدية، ويقدر عدد أيام حدوثها في هذه المناطق بنحو 76 يوماً في السنة.

وفي منطقة شرق البحر المتوسط، فإنّ المناطق الشمالية والشمالية الغربية — القريبة من ساحل المتوسط - من أكثر الأجزاء تعرضاً للعواصف الرعدية، حيث يتراوح المعدل السنوي لتكرارها ما بين 15 — 37 يوماً؛ كون هذه المناطق تنطبق على الخط العام الذي تتبعه المنخفضات الجوية الجبهوية في عبورها المنطقة بصفة عامة.[2]

ويتوافق نصيب الأردن من العواصف الرعدية مع الظروف السينوبتيكية لمنطقة شرق البحر المتوسط وغرب القارة الآسيوية، حيث تعدّ منطقة الأغوار الشمالية وجبال عجلون أكثر مناطق الأردن التي تحدث فيها هذه العواصف، إذ يزيد معدلها السنوي في المرتفعات الجبلية عن ستة أيام، ، أما في وادي الأردن فإنّ المعدل السنوي لعدد أيام العواصف الرعدية يزيد عن سبعة أيام، وهو نحو تسعة أيام سنوياً في منطقة الأغوار الشمالية والوسطى، أمّا في المنطقة الصحراوية فهو ثلاثة أيام سنوياً.[3]

1- http://www.ar.wikipedia.org/wiki.10 sept, 2008.

2- علي موسى، العواصف والأعاصير، ط 1 (دار الفكر، دمشق، 1989) ص: 105.

3- نعمان شحادة، مناخ الأردن، ط 1 (دار البشير، عمان: 1991) ص: 188.

ثانياً: أهمية الدراسة ومبرراتها

تزايدت حدة الآثار البيئية ذات الصلة بالعواصف الرعدّية، وما ينجم عنها من فيضانات مدمّرة، لا سيما في بلد نامٍ كالأردنّ، وعلى الرّغم من عدم إمكانية تلافي هذه الأخطار، فإنّ بالوسع التخفيف من آثارها التدميرية من خلال التدخلات البشرية الملائمة، وكون هذه الأخطار تواجه المجتمع بشكل مستمر، فلا بدّ لنا من دراسةٍ تتناول ديناميكية حدوثها وكيفية مواجهة أخطارها والتعامل مع آثارها البيئية، ومن هنا يمكن إجمال مبررات الدراسة بما يأتي:

1. تعدّ دراسة التوزع الزماني للعواصف الرعدية أمراً مهماً لفهم آلية تكوّنها.
2. تساعد دراسة التوزع المكاني للعواصف الرعدية في معرفة تأثير العوامل الجغرافية المختلفة على هذه الظاهرة.
3. تفيد دراسة الاتجاه الزمني للعواصف الرعدية في معرفة إن كان هناك تغيرات مناخية.
4. أهمية دراسة تكرار العواصف الرعدية ووقت حدوثها في تقييم الأخطار المحتملة لحدوث الفيضانات والتخطيط لها بشكل سليم.

ثالثاً: مشكلة الدراسة

تعدّ الكوارث المرتبطة بالظواهر الجوية – كالعواصف الرعدية – ذات آثار خطيرة على النظام البيئي والأنشطة البشرية، إذ يرتبط بها نحو 90 % من مجموع الكوارث الطبيعية في العالم، وقد نتج عنها خلال الفترة الممتدة من 1992 – 2001 نحو 620.000 حالة وفاة، وقدرت خسائرها الإقتصادية بنحو 500 مليار دولار أمريكي للفترة نفسها.(1)

[1] - تقرير الكوارث العالمية، 2006، مرجع سابق.

وتعتبر العواصف الرعدية من أهم المظاهر الجوية التي تحدث في الأردن، وعلى الرغم مما تجلبه هذه العواصف من أمطار، إلا أنها تتسبب في معظم الأحيان في كثير من الأضرار؛ بسبب ما يصحبها من رعد وبرق وسيول مفاجئة ورياح قوية وبَرَد، وينتج عن هذه الظروف الاستثنائية مجموعة من الأخطار البيئية والصحية والإقتصادية.

وتؤدي الفيضانات الوميضية إلى تدمير البنية التحتية للإتصالات وشبكات الكهرباء والطرقات والجسور والمنشآت وتشلّ حركة السير، وتدمر القطاع الزراعي، حيث تعمل على انجراف التربة وظهور طبقاتها الأقل صلاحية للزراعة، كما تسهم في عملية ترسيب طبقات كبيرة من الغرين والأتربة والحجارة المنقولة مع الفيضان إلى السدود مما يقلل سعتها التخزينية.

ومن أهمّ الآثار الصحية الناجمة عنها، حالات الوفاة نتيجة الغرق وحوادث السقوط وانهيار بعض الكتل الترابية والصخرية من سطح الأرض، ناهيك عن تأثير صوت الرعد الحاد والوميض البرقي المتكرر على حالة الإنسان الإنفعالية.

كما تعدّ العواصف الرعدية من أخطر الظواهر الجوية على الطيران؛ وذلك بسبب الحركة الرأسية للهواء فعندما تكون سرعة التيارات الصاعدة عالية يصعب على الطيار التحكم في الطائرة، وتسهم شرارة البرق في التشويش على اجهزة الرادار واللاسلكي مسببة عمىً لحظي للطيّار Spontaneous Blindness، كذلك تؤدي التيارات الهوائية الصاعدة والهابطة إلى حدوث مطبات هوائية خطيرة.(1)

وقد تعرض الأردن لمجموعة من الفيضانات الوميضية المرافقة للعواصف الرعدية، التي ألحقت أضراراً بيئية وبشرية واقتصادية فادحة كفيضان معان عام 1963. الذي أدى لوفاة 8 مواطنين وتضرر نحو 500 آخرين، وفيضان البتراء عام 1963، حيث نتج عنه غرق 27 سائحاً فرنسياً، وانهيار جسر وادي اليتم، ثم فيضان معان الثاني عام 1966، الذي أدى

1- يوسف فايد، جغرافية المناخ والنبات، (2005)، مرجع سابق، ص: 202.

إلى مقتل 95 مواطناً وإصابة نحو 86 موطناً بجروح مختلفة، وفقدان 7 آخرين وتدمير كامل للبنية التحتية في المدينة، أما فيضان ماعين عام 1966. فقد أدى إلى مقتل نحو 9 مواطنين وجرح نحو 92 آخرين، و فيضان الزرقاء عام 1987 الذي نتج عنه 9 قتلى وإصابة نحو 29 آخرين.(1)

ومن هنا تحاول هذه الدراسة الإجابة عن الأسئلة الآتية:

1. ما الظروف السينوبتيكية المؤدية لتطوّر العواصف الرعدية في الأردن؟
2. ما العوامل المؤثرة في التوزع الزماني والمكاني للعواصف الرعدية في الأردن؟
3. ما خصائص التوزع المكاني والزماني للعواصف الرعدية في الأردن ؟
4. ما الآثار البيئية الناتجة عن الظروف الجوية المصاحبة للعواصف الرعدية في الأردن؟

رابعاً: أهداف الدراسة

تسعى هذه الدراسة لتحقيق الأهداف الآتية:

1. تحليل الخصائص العامة لمناخ الأردن وأثرها في تشكل العواصف الرعدية.
2. فهم آلية تشكل العواصف الرعدية في طبقة التروبوسفير.
3. تصنيف العواصف الرعدية المؤثرة على الأردن تبعاً للظروف السينوبتيكية التي أدّت لحدوثها.
4. تحليل الظروف الجوية السطحية المصاحبة للعواصف الرعدية المؤثرة على الأردن، وذلك بدراسة التغيرات التي تطرأ على العناصر الجوية السطحية الآتية: درجة الحرارة، الضغط الجوي، اتجاه الرياح وسرعتها، الرطوبة الجوية.
5. تحليل الحالة الجوية العلوية المصاحبة للعواصف الرعدية، عند مستويات ضغط مختلفة، من خلال دراسة التغيرات التي تطرأ على العناصر الجوية الرأسية الآتية:

1- المديرية العامة للدفاع المدني، إدارة الكوارث، بيانات غير منشورة لفترات زمنية مختلفة.

درجة الحرارة، الرطوبة الجوية، درجة حرارة نقطة الندى، الضغط الجوي، اتجاه الرياح وسرعتها.

6. دراسة التوزع المكاني للعواصف الرعدية في الأردن وعلاقته بالعوامل الجغرافية والسينوبتيكية، إضافة لدراسة توزعها الزماني وخصائصه الإحصائية، وتحديد خط اتجاهها العام Trend secular variation، وهل أخذت اتجاها عاماً متناقصاً أم متزايداً خلال فترة الدراسة الممتدة من 1977 – 2006 ؟.
7. دراسة الحالة الجوية التي تأثر بها الأردن في الفترة الممتدة من 25 إلى 27 شباط 2010. والتي تعرضت خلالها معظم مناطق المملكة لسلسلة من العواصف الرعدية العنيفة.
8. تقييم الأثر البيئي للظروف الجوية المرافقة للعواصف الرعدية المؤثرة على الأردن.

خامساً: منهجية الدراسة وأساليبها

– أساليب الدراسة:

اعتمدت الدراسة على الأسلوب الوصفي الذي يعدّ من أكثر الأساليب ملائمة لفهم الظواهر واستخلاص سماتها من خلال التشخيص والوصف، وذلك بتحليل البيانات والمعلومات مما يؤدي لاكتشاف العلاقة بين المتغيرات وتقديم تفسيراً ملائماً لها.

وقد تم استخدامه في هذه الدراسة لوصف العواصف الرعدية من حيث العوامل المسببة لها وتحليل آلية حدوثها، إضافة لوصف الظروف الجوية العلوية المصاحبة لها، وتأثيرها على العناصر الجوية السطحية عند (مستوى سطح البحر) والرأسية عند مستويات ضغط مختلفة، والتعرّف على آثارها البيئية المختلفة.

كما استخدم الأسلوب الإحصائي لدراسة وتحليل البيانات باستخدام الإحصاء الوصفي والاستدلالي، وإجراء العمليات الإحصائية اللاّزمة للدراسة، ويشمل هذا الأسلوب استخدام

الأساليب الإحصائية التالية: الوسط الحسابي، الانحراف المعياري، معامل الاختلاف، بهدف تحديد الخصائص الإحصائية للعواصف الرعدية وتحديد خط اتجاهها العام.

كذلك اعتمدت الدراسة على الأسلوب التحليلي في تحليل خرائط الطقس السطحية عند مستوى سطح البحر، والعلوية عند مستويات ضغط مختلفة، وبالأخص عند 500 ملليبار وتحليل بيانات الطقس العلوية والسطحية للأيام التي تعرّضت فيها محطات الدرّاسة لحدوث العواصف الرعدّية في الفترة من 1999 – 2008.

كما استخدم في دراسة وتحليل مخططات التيفجرام المبنية على بيانات الراديوسوند للمتغيرات الجوية العلوية الآتية: درجة الحرارة، ارتفاع مستوى الضغط الجوي، سرعة الرياح واتجاهها، درجة حرارة نقطة الندى؛ بهدف التعرّف على التغيرات التي تطرأ على العناصر الجوية الرأسية أثناء تأثر الأردن بالعواصف الرعدية.

وعلاوة على ماسبق تم استخدام اسلوب دراسة الحالة Case Study الذي يقوم على أساس اختيار حالة جوية معينة، ثم يتم جمع البيانات والمعلومات التفصيلية عن الحالة؛ بهدف تكوين فكرة واضحة عنها، ثم تحليل هذه البيانات وتفسيرها واستنباط الاستنتاجات المتعلقة بها.[1]

ثم استخدم هذا الأسلوب لدراسة حالة عدم الاستقرار الجوي التي بدأ تأثيرها في الأردن يوم 25 شباط عام 2010، حيث تعتبر من الحالات المثالية لعدم الاستقرار الجوي التي ترافقت بظروف جوية سيئة، وعواصف رعدية وأمطار غزيرة غطت معظم مناطق الأردن، وقد صحبها تغيرات ملحوظة على الحالة الجوية العلوية والسطحية. وبناءً على ما تقدم يمكن تعميم نتائج دراسة الحالة السابقة على الحالات المشابهة سواء في الوقت الحالي أو في المستقبل.

[1] - عامر قنديلجي، البحث العلمي واستخدام مصادر المعلومات التقليدية والالكترونية، ط2 (دار المسيرة، عمان، 2010) ص– ص: 104-107.

– طبيعة البيانات ومصادرها:

اعتمدت الدراسة على بيانات مناخية أرشيفية تم رصدها من قبل دائرة الأرصاد الجوية الأردنية لفترات زمنية مختلفة. كما شملت خرائط جوية سطحية وعلوية على ارتفاع 500 ملليبار، إضافة إلى بيانات من مصادر مختلفة (المديرية العامة للدفاع المدني، وزارة المياه والري)، وعليه يمكن تفصيل بيانات الدراسة على النحو الآتي:

1. بيانات مناخية لعدد أيام العواصف الرعدية في محطات الدراسة للفترة الممتدة من 1977 – 2006، وتم الحصول عليها من دائرة الأرصاد الجوية الأردنيّة.
2. بيانات مناخية للمعدل السنوي للأمطار في محطات الدراسة في الفترة الممتدة من 1977 - 2006، وتم الحصول عليها من دائرة الأرصاد الجوية الأردنيّة.
3. بيانات مناخية للمتغيرات الجوية السطحية للأيام التي تعرّضت فيها محطات الدراسة لحدوث العواصف الرّعدّية في الفترة الممتدة من 1999 – 2008، وقد شملت درجة الحرارة، الرطوبة النسبية، الضغط الجوي، سرعة الرّياح واتجاهها، وتم الحصول عليها من دائرة الأرصاد الجوية الأردنيّة.
4. بيانات مناخية للمتغيرات الجوية العلوية وشملت درجة الحرارة، درجة حرارة نقطة الندى، الضغط الجوي، سرعة الرياح واتجاهها، اعتماداً على بيانات محطة راديو سوند المفرق للفترة الممتدة من 1999 - 2008، وتم الحصول عليها من دائرة الأرصاد الجوية الأردنية.
5. خرائط الطقس السطحية Surfase Charts، وخرائط الطقس العلوية Upper Charts عند مستويات ضغط مختلفة لأيام العواصف الرعدية في الفترة الممتدة من 1999 - 2008، وتعدّ خرائط الطقس العلوية عند مستوى 500 ملليبار من أهمّ الخرائط الطقسية؛ لأنها تمثل المستوى الضغطي الذي يقع في منتصف طبقة

التروبوسفير تقريباً.[1] حيث تمّ الحصول على هذه الخرائط من وكالة البحار والجو الأمريكية Ocaeanic and Atmospheric Administration National (noaa).[2]

6. بيانات مناخية يومية للعناصر الجوية السطحية للأيام 2007/2/15، 2007/11/17، 2002/3/19، 2002/10/24، وشملت: درجة الحرارة، كمية الأمطار، الرطوبة النسبية في محطات إربد، مطار عمان، الربة، المفرق، مطار العقبة، وتم الحصول عليها من دائرة الأرصاد الجوية الأردنية.
7. بيانات مناخية يومية للعناصر الجوية السطحية في الأيام 24، 25، 26، 27 شباط 2010 في محطات إربد، مطار عمان، الربة، معان، مطار العقبة. وقد شملت عناصر الضغط الجوي، درجة الحرارة، كمية الأمطار، الرطوبة النسبية، اتجاه الرياح وسرعتها، وتم الحصول عليها من دائرة الأرصاد الجوية الأردنية.
8. خرائط الطقس العلوية والسطحية عند مستوى 500 ملليبار في الفترة من 25 – 27 شباط 2010، وبيانات راديوسوند محطة المفرق التي تم تمثيلها من قبل الباحث على مخططات تيفجرام خلال الأيام التي استمرت فيها الحالة، وتم الحصول على بيانات الراديوسوند من دائرة الأرصاد الجوية، في حين حصل الباحث على مخططات التيفجرام من المركز الوطني الأردني للتنبؤات الجوية.
9. بيانات مطرية يومية للأيام 22-23 آذار 1991 في المحطات الجنوبية: الربة، الكرك، الطفيلة، الشوبك، معان، الديسة، والتي تم الحصول عليها من وزارة المياه والري.

1- حازم العاني وماجد السيد ولي محمد، خرائط الطقس والتنبؤ الجوي، ط1 (وزارة التعليم العالي العراقية، جامعة البصرة: 1985) ص: 87.

2- متوفرة عبر الموقع الإلكتروني التالي:www.cdc.noaa.gov/data.reanalysis.html

10. بيانات خاصة بالآثار البيئية الناجمة عن العواصف الرّعدية والأحوال الجوية المصاحبة لها والتي تم الحصول عليها من المؤسسات الحكومية ذات العلاقة مثل: دائرة الإحصاءات العامة، المديرية العامة للدفاع المدني، وزارة الزراعة.

– منطقة الدراسة:

تم اختيار اثنتي عشرة محطة مناخية لدراسة التوزع الزماني والمكاني لعدد أيام العواصف الرعدية في الأردنّ، وتحليل خصائصها الإحصائية، وهي ممثلة لمناطقه كافة، وذلك على النحو الآتي:

1- محطات غور الأردن (الباقورة، ديرعلا، غور الصافي).

2- محطات المرتفعات الجبلية (رأس منيف، مطار عمّان، الربة، الشوبك).

3- محطات المنطقة الصحراوية الداخلية (الأزرق، الرويشد، المفرق، معان، الجفر).

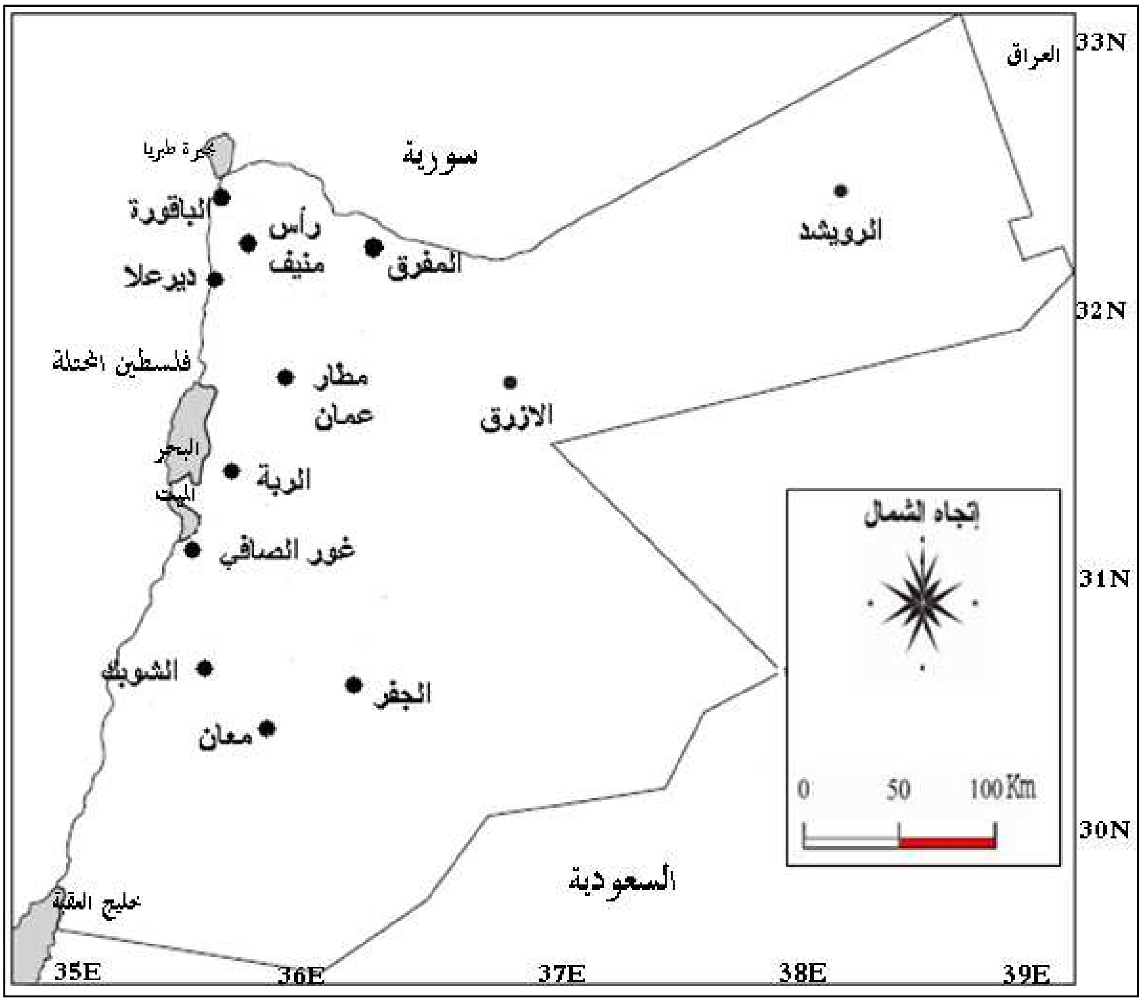
ويبين الجدول (1) الموقع الفلكي لمحطات الدراسة، وكذلك ارتفاعها عن مستوى سطح البحر، في حين توضح الخريطة (1) موقع المحطات المستخدمة في الدراسة.

جدول رقم (1)

المحطات المناخية المستخدمة في الدراسة

المحطة	خط الطول		درجة العرض		الارتفاع /م	المنطقة الممثلة لها
	دقيقة	درجة	دقيقة	درجة		
الباقورة	37	35	38	32	-170	غور الأردن
دير علا	37	35	13	31	-224	
غور الصافي	28	35	02	31	-350	
رأس منيف	45	35	22	32	1150	المرتفعات الجبلية
مطار عمان	59	35	59	31	779	
الربة	45	35	16	31	920	
الشوبك	32	35	31	30	1365	
الأزرق الشمالي	49	36	51	31	533	المنطقة الصحراوية الداخلية
الرويشد	12	38	30	32	683	
المفرق	15	36	22	32	683	
معان	47	35	10	30	1069	
الجفر	09	36	17	30	853	

المصدر: دائرة الأرصاد الجوية الأردنية، 2008.



المصدر: إعداد الباحث باستخدام برمجية الرسام.

الخريطة رقم (1)

المحطات المناخية التي استخدمت بياناتها الجوية

سادساً: الدراسات السابقة

تعدّ العواصف الرّعدية من الظواهر الجوية التي حظيت باهتمام بالغ على المستوى العالمي، إلاّ أنّها لم تنل حقها من الدراسة على المستوى المحلي، رغم تأثيراتها البيئية والاقتصادية والبشرية الكبيرة، ويمكن تناول الدراسات السابقة التي تطرّقت لهذا الموضوع سواء بشكل مباشر أو غير مباشر من خلال دراسة الاضطرابات الجوية والظروف السينوبتيكية المسؤولة عنها وذلك على النحو الآتي:

- الدراسات الأجنبية

أجرى ليفي (Levi, 1970) دراسة حول الظروف السينوبتيكية للبَرَد في فلسطين المحتلة؛[1] وكانت تهدف إلى التعرف على أهم الظروف السينوبتيكية المؤدية لسقوط البَرَد في فلسطين، وتوصلت النتائج إلى أنّ الظروف السينوبتكية المؤدية لتشكل العواصف البَرَدية هي نفس الظروف المؤدية لتشكل العواصف الرعدية، كما أنّ حالات عدم الاستقرار الجوي المرتبطة بالمنخفضات الجوية والجبهـــات الباردة المرافقة لها هي أكثر الحالات عنفاً.

وتتطور حالة عدم الاستقرار الجوي في هذه المنخفضات عندما يتوضّع فوق المنطقة حوض علوي بارد Cold Pool يزيد من اضطراب الكتلة السطحية، وتؤدي هذه الحالة لتشكّل عواصف رعدية مصحوبة بأمطار غزيرة وهطول البَرَد والثلج أحياناً.

وأجرى إشبل (ashbel, 1983) دراسة حول دور منخفض السودان الموسمي في الفيضانات التي تحدث في صحراء سيناء وفلسطين وسورية والصحراء السورية،[2] وقد بينت نتائج الدراسة أنّ تـــوزع الضغط الجـــوي خـــلال فصـــل الصيف يتميز بوجود مركزين لتـــلاقي الرياح Convergence Zone. المركز الأول فوق الخليج العربي وهو ناتج عن امتداد الانخفاض الكبير في الضغط الجوي فوق وسط وجنوب آسيا نحو الغرب، والثاني يتمركز فوق السودان والحبشة جنوباً يغذي حوض النيل بالأمطار الصيفية.

كما بينت النتائج أنّ منخفض السودان الموسمي يمتد خلال الفصول الإنتقالية (الربيع والخريف) نحو الشمال مواجهاً لصحراء سيناء، وتكون الرياح الجنوبية المرافقة لامتداد ذلك المنخفض نحو الشمال محملة ببخار الماء، فتلتقي الرياح القادمة من الشمال فوق سيناء وفلسطين وسورية التي تعدّ مناطق التقاء رياح مختلفة ومتباينة في درجة حرارتها وكمية

1- Levi. M. The Synoptic of Hail in Palestine, palistine Journal of Earth Sciences, Vol (19) 1970. Pp: 77-83.
2- Ashbel, D. Great Floods in Sinai Peninsula, Palestine, Syria and the Syrian Desert, and the Influence of the Read Sea On their Formation, Q. J. Roy. Met. Sco. Vol (64) 1983. Pp: 635-639.

الرطوبة التي تحملها، مما يؤدي إلى تكاثف بخار الماء وتشكل السحب الركامية وهطول الأمطار الرعدية الغزيرة.

وأجرى دايان وآخرون (Dayan,V. 1983) دراسة حول غزارة الأمطار في الشرق الأوسط،[1] وأظهرت النتائج أنّ العواصف الرعدية التي تتطور خلال فصل الخريف ناتجة عن امتداد منخفض البحر الأحمر نحو الشمال واقترانه بحوض علوي بارد، ويمتاز الهطول المطري المرافق لهذه الحالات بغزارته وشدته، غير أنّ تأثير امتداد المنخفض نحو الشمال الشرقي يقتصر على إثارة الغبار والعواصف الترابية.

أمّا سراج (Siraj, 1986)، فقد درس تأثير امتداد منخفض البحر الأحمر على ظهور طقس الأزيب Azib Weathear في المملكة العربية السعودية.[2] (والأزيب تسمية محلية للرياح الجنوبية الشرقية التي تهب من جنوب الربع الخالي وتكون مصحوبة بالغبار). وبينت نتائج الدراسة أنّ هذه الرياح تجذب معها السحب الركامية التي تؤدي إلى حدوث العواصف الرعدية في الأجزاء الجنوبية من اليمن مع رياح عاصفة تتراوح سرعتها بين 25 – 40 عقدة، وأنّ هذه الظاهرة تلاحظ في فصل الربيع فوق السواحل الشرقية للبحر الأحمر، وتكون نتيجة وصول منخفض خماسيني والتقاءه مع امتداد أخدود منخفض البحر الأحمر، فيتشكل أخدود طويل يمتد على طول البحر الأحمر، حيث تهب رياح جنوبية شرقية حارة وجافة محملة بالغبار قد تصل سرعتها إلى 75 عقدة تاركة ورائها آثار بيئية وصحية كبيرة.

كما درس الكليـــبي (Alkolibi F. M., 2000) تحت عنوان أنماط الضغط الجوي السطحي وارتفاعات 200 – 500 ملليبار المصاحبة للعواصف الرعدية في وسط المملكة

1- Dayan. V. Heavy Rain in the Middle East Related to Unusual Jet Strem Properties, Bulletin of the American Meterological Society Vol (64) 1983. PP: 1138-1140.
2- Siraj. A. Azib Weather, W. M. O, Trop. Met. Rea. Prog, Rep Series Vol (29) 1986. Pp: 19-23.

العربية السعودية،[1] وقد أشارت نتائج هذه الدراسة إلى أن العواصف الرعدية في وسط المملكة لا تحدث في شهري مارس وأبريل بسبب ظروف محلية فقط، ولكن تحدث أيضاً مع نظام سينوبتيكي Synoptic System واضح المعالم، ويمكن متابعته أفقياً في مناطق محيطة بمنطقة الدراسة، وهو أيضا عميق ويمتد إلى وسط وأعلى طبقة التروبوسفير Mid. and Upper the Troposhere Layer، ويمكن تلخيص معالم ذلك النمط على النحو التالي :

ثلاثة أيام قبل حدوث العاصفة الرعدية في وسط المملكة العربية السعودية حيث يبدأ نمط طولانيMeridional Pattern واضح في ارتفاعات مستوى 200 و 500 ملليبار بالنشوء في المنطقة الممتدة من وسط أمريكا الشمالية إلى وسط آسيا ويصاحب ذلك موجات في طبقات الجو العليا تتقدم من الغرب للشرق، أما في يوم العاصفة الرعدية تتعمق على وسط المملكة هذه الموجات وتزداد طولانيتها فيصبح غرب المملكة العربية السعودية واقعاً تحت أخدود هوائي عميق Deep Trouph يمتـــد حتى طبقة 200 ملليبار مما يجعل وسط المملكة يقع تحت تأثير نمط إعصاري ويصاحب ذلك نشاط ملحوظ لمنخفض البحر الأحمر وتقدمه شمالاً.

تضافر هذين النظامين يوفر المركبات الأساسية لنشوء العواصف الرعدية وسط المملكة العربية السعودية ، فالأخدود الهوائي العميق في طبقات الجو العليا يوفر التبريد العلوي اللازم وديناميكية الرفع المطلوبة Dynamic Lifting أما منخفض البحر الأحمر فيوفر رياحاً سطحية جنوبية رطبة، كل هذا يؤدي إلى نشوء حالة عدم استقرار جوي على وسط المملكة وبالتالي نشوء العواصف الرعدية على تلك المنطقة.

1- Alkolibi F. M., 2000, " Surface and upper level Pressure Patterns and Anomalies Associated With Thunderstorms in the central Part of Saudi Arabia" Jour of the Gulf and Arabian Peninsula Studies, Vol. 96. Pp: 177 – 208.

وأجرى ايدموند (Edmund, 2004) دراسة تجريبية لمنحنيات سرعة الرياح المصاحبة للعواصف الرعدية،[1] وهدفت الدراسة إلى التعرف على التغيرات التي تطرأ على سرعة الرياح خلال العاصفة الرعدية، وتم قياس سرعة الرياح على خمسة مستويات باستخدام برج ارتفاعه 150م. وشملت الدراسة خمسون عاصفة رعدية، وبينت النتائج أنّ سرعة الرياح المصاحبة للعواصف الرعدية تعتمد على ثلاثة عوامل هي: البعد عن مركز العاصفة، شدة العاصفة وخشونة السطح.

- الدراسات العربية

أجرى الشمايلة عام (1990) دراسة تحت عنوان المنخفضات الخماسينية والعواصف الغبارية المرافقة لها شرق البحر المتوسط مع التركيز على الأردن،[2] وقد بينت نتائج الدراسة أنّ المنخفضات الخماسينية تتكون خلال فصل الربيع لأنّ درجة حرارة البحر المتوسط تكون أَبَرَد من درجة حرارة اليابسة الإفريقية، إضافة إلى تزحزح موقع جبهة البحر المتوسط (Mediterranean Front) نحو الجنوب الغربي من الصحراء الكبرى، والتي تنشأ عليها معظم المنخفضات الجوية.كما أنّ المنخفض الخماسيني يتحرك على طول الخط الباروكليني الذي يفصل بين الهواء البارد فوق البحر المتوسط والهواء الحار فوق اليابس الأفريقي.

وتتميز هذه المنخفضات بطقس حار وجاف ومغبر لأنها تتشكل فوق الصحراء الكبرى في شمال إفريقيا ثم تندفع شمالاً عندما تصل السواحل الشرقية للبحر المتوسط لتتمركز فوق جزيرة قبرص، فتندفع كتلة هوائية باردة تؤدي إلى تكاثف الغيوم وسقوط الأمطار الرعدية على الأردن بعد الطقس الحار والجاف الذي يصحبها في بداية تأثيرها.

1- Edmund. C. C., Field measuremint and experimental study of wind speed profile during thunderstorms, Journal of wind engineering and industrial Aerodnamics 92 (2004) pp: 275-290.

2- أحمد الشمايلة، المنخفضات الخماسينية والعواصف الغبارية المرافقة لها في شرق البحر البحر المتوسط مع التركيز على الأردن، رسالة ماجستير غير منشورة، الأردن، الجامعة الأردنية، 1990.

وأجرى شحادة عام (1992) دراسة حالات عدم الاستقرار الجوي التي يتعرّض لها الأردنّ خلال فصل الشتاء،[1] وصنّفت الدراسة حالات عدم الاستقرار الجوي التي تعرّض لها الأردنّ إلى ثلاث مجموعات حسب الظروف السينوبتيكية المسؤولة عن حدوثها وهي: حالات عدم الاستقرار المرافقة للجبهات الباردة، والحالات المرافقة للمنخفضات الخماسينية، وحالات عدم الاستقرار المرافقة لمنخفض البحر الأحمر.

كما بيّنت الدراسة أنّ كثيراً من حالات عدم الاستقرار الجوي تكون مصحوبة بأمطار غزيرة وعواصف رعدية عنيفة يرافقها سقوط زخات من البَرَد أحياناً، وعلى الرّغم من أنّ سقوط الأمطار المصاحب للعواصف الرعدية لا يدوم في العادة إلاّ مدة قصيرة؛ إلاّ أنّها شديدة الغزارة وتؤدي إلى حدوث فيضانات قد تكون مدمّرة.

وأجرى أبو ظافر عام (1993) دراسة تناولت العواصف البَرَديّة في المرتفعات الجبلية في الأردنّ،[2] وقد هدفت هذه الدرّاسة إلى التعرّف على العواصف البَرَديّة في المرتفعات الجبلية التي يزيد معدل الهطول فيها عن 250 ملم سنوياً خلال الفترة (1960-1990)، وقد بيّنت النتائج أنّ سقوط البَرَد يرتبط بالتيارات الهوائية الصاعدة القوية ضمن سحب المزن الركامية، وتكون مصحوبة باضطرابات جوية يرافقها غالباً عواصف رعدّية.

أما غانم فقد درس عام (1993) الأحوال الجوية المتعلقة بفيضان آذار عام 1991 على المناطق الجنوبية من الأردنّ.[3] وقد هدفت الدراسة إلى وصف الحالة الجوية العلوية والسطحية، وتحليل البيانات الجوية وخرائط الطقس لمنطقة الدراسة، وتبين أنّ الأردنّ تأثر

1- نعمان شحادة، حالات عدم الاستقرار الجوي التي يتعرض لها الأردن أثناء الفصل المطير، مجلة البحوث والدراسات العربية، العدد (20)،عمان: 1992، ص- ص: 255 – 277.

2- كامل أبو ظافر، العواصف البَرَدية في المرتفعات الجبلية في الأردن، رسالة ماجستير غير منشورة، الأردن، الجامعة الأردنية، 1993.

3- علي غانم، الاحوال الجوية المرتبطة بفيضان آذار عام 1991 على المناطق الجنوبية من الأردن، مجلة دراسات، المجلد العشرون (ب)، العدد الاول، عمان: كانون الثاني 1993، ص – ص: 7 - 25.

بأخدود المنخفض الجوي العلوي الذي إمتدّ محوره من شرق أوروبا إلى شمال السودان، مصحوباً بكتلة هوائية غير مستقرة غطّت منطقة شرق المتوسط، وكانت الكتلة الهوائية مشبعة ببخار الماء إلى ارتفاعات عالية، ومنخفض جوي تعمّق أثناء حركته نحو وسط الأردنّ مما أدّى إلى حدوث تيارات هوائية صاعدة وقوية في مركز المنخفض الجوي، نتج عنها تكاثف سريع لبخار الماء وتكوّن طبقات كثيفة من السحب الركامية أدّت إلى هطول أمطار غزيرة في المناطق الجنوبية وكانت مصحوبة بالبرق والرّعد.

ودرس أبو حسين عام (1994) تأثير منخفض البحر الأحمر على مناخ الأردن في فصلي الربيع والخريف،[1] وقد توصلت الدراسة إلى أنّ الأردن يتأثر بعدد من حالات عدم الاستقرار الجوي الناتجة عن امتداد منخفض البحر الأحمر نحو الشمال، كما أنّ اقتران هذا المنخفض بحوض علوي بارد في طبقات الجو العليا يؤدي لتشكل عواصف رعدية يصحبها هطول أمطار غزيرة وفجائية في مناطق محدودة من الأردن.

كما درس غانم عام (1994) الأمطار الصيفية غير العادية في الأردن: حالة دراسية للأمطار في حزيران 1992،[2] وتمّ في هذه الدراسة تحليل بيانات الأمطار الشهرية في الأردن من عام 1938 إلى 1992، ووجد أنّ حوالي 81 % من الأمطار تهطل من كانون الأول حتى آذار، وتهطل بقية الأمطار في فصل الخريف (تشرين الأول وتشرين الثاني) وفصل الربيع (نيسان وأيار).

وبينت الدراسة أنّ أمطار قليلة تهطل في فصل الصيف (حزيران أيلول) وقد شكلت أقل من 1 % من المجموع السنوي للأمطار، ولكن في بعض السنوات هطل كميات من الأمطار الرعدية فاقت النسبة الشهرية للأمطار في تشرين الأول وأيار كما حدث في أيلول (1982،

1- علي أبو حسين، تأثير منخفض البحر الأحمر على مناخ الأردن في فصلي الربيع والخريف،رسالة ماجستير غير منشورة، الأردن، الجامعة الأردنية، 1994.

2- علي غانم، الأمطار الصيفية غير العادية في الأردن: حالة دراسية للأمطار في حزيران 1992، مجلة دراسات (العلوم الإنسانية) المجلد الحادي والعشرون (أ)، العدد السادس، عمان: 1994، ص – ص: 173 – 189.

1983) وتموز (1988) وحزيران (1989، 1992)، ومن تحليل الخرائط الجوية العلوية والسطحية وجد أنّ الأمطار في السنوات آنفة الذكر هطلت بسبب تعرض الأردن لكتل هوائية باردة مصاحبة لمنخفضات جوية أثرت على منطقة شرق البحر المتوسط، صاحب ذلك تغيرات جوية مهمة كانخفاض الضغط الجوي، انخفاض درجة الحرارة، ازدياد سرعة الرياح، مما سبّب هطول كميات من الأمطار الرعدية أدت إلى حدوث فيضانات وميضية نتج عنها خسائر جسيمة في بعض السنوات كما حدث في محافظة جرش خلال حزيران عام 1992.

ودرس الخطيب عام (2001) مقارنة في منظومة الغلاف الجوي على ارتفاع 500 هكتوباسكال .[1] وهدفت هذه الدرّاسة إلى تحليل أثر شكل سماكة الغلاف الجوي وامتداده على مسارات المنخفضات الجوية من جهة، وعلى كميات الهطول وتوزعه من جهة أخرى، وبيّنت نتائج الدرّاسة أنّ الحالة التي تنتظم فيها سماكة الغلاف الجوي ذات تأثير أكبر على الهطول من الحالات التي تتفاوت فيها سماكة الغلاف الجوي، وأن شكل الأخدود المتطاول المنتظم من الشمال إلى الجنوب أكثر الأشكال فاعلية.

وأجرى بني دومي عام (2002) دراسة بعنوان تحليل الظروف الجوية غير الاعتيادية التي سببت حدوث العاصفتين المتتاليتين الخماسينية والثلجية اللتين أثرتا على الأردن للفترة من 15- 18 آذار 1998.[2] وقد أظهرت الدراسة أنّ هناك عدة عوامل تظافرت مع بعضها وأدت إلى حدوث عاصفتين متتاليتين هي: تأثير السفوح الجبلية ودورها في زيادة الدورانية الاعصارية، موقع الأخدود العلوي ودوره في توجيه وتقوية المنخفض الجوي السطحي،

1- حامد الخطيب، مقارنة في منظومة الغلاف الجوي على ارتفاع 500 هكتوباسكال بين سنتين واحدة مطيرة وأخرى جافة (1991/1992-1998/199)، مجلة دراسات، المجلد (28)، العدد (2)، 2001، ص – ص: 463 – 477.

2- محمد بني دومي، تحليل الظروف الجوية غير الاعتيادية التي سببت حدوث العاصفتين المتتاليتين الخماسينية والثلجية اللتين أثرتا على الأردن للفترة من 15- 18 آذار 1998، أبحاث اليرموك، المجلد (18)، العدد (2 أ)، إربد 2002، ص – ص: 385 – 409.

الخصائص الشكلية للأخدود ودوره في توجيه وتقوية المنخفض الجوي السطحي، الخصائص الشكلية للأخدود والإنبعاج العلويين مثل اتجاه محور كل منهما، عمق وطول الموجة العليا، كما أنّ للخصائص العليا الديناميكية للمنظومة الجوية السطحية دور مهم في ذلك مثل سرعة المنخفض الجوي والمسار الذي سلكه، وقوة ومصدر التدفق الهوائي المصاحب للمنخفض الخماسيني والقبرصي.

ودرس الموسى عام (2002) الخصائص المناخية للحرارة والأمطار في منطقة شرقي البحر المتوسط،[1] وهدفت الدراسة إلى معرفة العوامل المؤثرة في توزيع الحرارة والأمطار واتجاهاتها الزمنية وتغيراتها الشهرية والفصلية والسنوية، وقد بينت النتائج أنّ الظروف المناخية للحرارة والأمطار هي محصلة لمجموعة من العوامل الجغرافية (الموقع والتضاريس) وتوزعات الضغط الجوي والرياح، كما بينت أنّ أمطار بلاد الشام يغلب عليها الطابع الجبهوي، وهناك بعض الظروف السينوبتيكية التي تؤدي لتساقط الأمطار الرعدية.

وقد درس الكليـــبي عام (2005) تحت عنوان مؤشرات رياضية مقترحة لتحديد حالة الاستقرار وعدم الاستقرار الجوي في وسط المملكة العربية السعودية، وخرجت تلك الدراسة بالعديد من النتائج المهمة التي يمكن أن ترفع من مستوى التوقعات الجوية لحالات الاستقرار وعدم الاستقرار الجوي.[2]

حيث بينت أنّ أهم المحددات التي تحدد حالة الاستقرار وعدم الاستقرار الجوي في وسط المملكة العربية السعودية هي أولا: وجود طبقة عميقة رطبة تمتد من السطح حتى 700 ملليبار، ثانياً: رياح عالية السرعة في المستويات ما بين 850 إلى 700 ملليبار في فصل الربيع وما بين 850 إلى 500 ملليبار في فصل الشتاء، ثالثاً: فيما يتعلق بدرجة الحرارة، ففي فصل

1- فواز الموسى، الخصائص المناخية للحرارة والأمطار في منطقة شرق البحر المتوسط، رسالة دكتوراة غير منشورة، مصر، جامعة عين شمس، كلية البنات، 2002.

2- فهد الكليبي، مؤشرات رياضية مقترحة لتحديد حالة الاستقرار وعدم الاستقرار الجوي في وسط المملكة العربية السعودية، مجلة جامعة الملك سعود، المجلد (17) العدد (2) الرياض: 2005. ص – ص: 399 – 428.

الشتاء يرافق حالة عدم الاستقرار الجوي انخفاض ملحوظ في درجة الحرارة عند 500 ملليبار، أما في فصل الربيع يصاحب حالة عدم الاستقرار الجوي ارتفاع ملحوظ في درجة الحرارة عند ذلك المستوى.

كما درس الصبابحة (2005) حالات عدم الاستقرار الجوي في الأردنّ 1999 - 2003.[1] وأشارت النتائج إلى أنّ الأردنّ يتعرض لحوالي 16 حالة عدم استقرار جوي في السنة، وأنّ الحالة الجوية السائدة في طبقات الجو العليا عند مستوى 500 ملليبار ذات أثر واضح في زيادة فعالية المنظومة الجوية السطحية، كما بيّنت الدراسة أنّ الأردن قد تأثر بنحو 167 عاصفة رعدية خلال فترة الدراسة أي ما نسبته 39 % من مجموع عدد الأيام التي تأثر بها بحالات عدم الاستقرار الجوي، ويترتب على العواصف الرعدية آثار بيئية كبيرة.

واخيراً درس الكليــــبي عام (2008) توظيف التحليل الثيرموديناميكي للتوقع قصير المدى للعواصف الرعدية في وسط المملكة العربية السعودية،[2] وتم تحقيق ذلك من خلال دراسة 24 حالة جوية في الفترة ما بين 1994 و 2000 للفصول الثلاثة المطيرة وهي الشتاء والربيع والخريف في مدينة الرياض و التي تمثل منطقة الدراسة.

وبينت نتائج هذه الدراسة أن هناك نمطين جويين ثيرموديناميكيين مصاحبين للعواصف الرعدية فوق وسط السعودية أحدهما شتوي و الأخر خريفي ربيعي، من ضمن العدد الكبير من المتغيرات و المؤشرات الثيرموديناميكية المدروسة واتضح أن هناك أحد عشر متغير ومؤشر في فصل الشتاء و تسعة متغيرات و مؤشرات في فصل الخريف والربيع يكون لها قيم مميزه قبيل نشوء العواصف الرعدية، وتبين من الفحص البصري أن شكل النموذج الثيرموديناميكي Skew T Log P الممثل للسبر الجوي قبيل نشوء العواصف الرعدية يمتاز

1- نوح الصبابحة، حالات عدم الاستقرار الجوي في الأردن (1990 - 2003)، رسالة ماجستير غير منشورة، الأردن، الجامعة الأردنية، 2005.

2- فهد الكليبي، توظيف التحليل الثيرموديناميكي للتوقع قصير المدى للعواصف الرعدية في وسط المملكة العربية السعودية، مجلة جامعة الملك سعود، الآداب، المجلد (21) العدد (2) الرياض: 2008.

بخصائص واضحة، أهمها تقارب في خطي مسار Td , T (درجة حرارة الهواء ودرجة حرارة نقطة الندى) من مستوى السطح حتى 500 ملليبار، وميلان واضح لمسار T لليسار، ووجود منطقة طاقة موجبة Positive Energy Area كبيرة وواضحة المعالم، وجود نوع من الانقلاب الحراري في المستويات ما بين 850 ملليبار و 500 ملليبار و وجود رياح علوية تفوق 100 عقدة ووجود انحراف في اتجاه الرياح بالارتفاع Wind Veering.

سابعاً: الصعوبات التي واجهت الدراسة

يمكن إجمال الصعوبات التي واجهت الدراسة على النحو الآتي:

1. صعوبة الحصول على البيانات اليومية للعناصر الجوية المختلفة التي لازمت الدراسة، حيث تقوم دائرة الأرصاد الجوية الأردنية ببيعها بمبالغ مالية باهضة، الأمر الذي يعدّ عقبة أمام الباحثين وطلبة العلم.
2. لم يجد الباحث رصداً لعدد العواصف الرعدية لكل يوم في دائرة الأرصاد الجوية الأردنية، بل كان الرصد بالأيام (الأيام التي حدثت فيها العواصف الرعدية) وهذا له انعكاساته على البحث العلمي، علماً بأنّ جميع دوائر الرصد الجوي في الوطن العربي (حسب علم الباحث) تتبع نفس الأسلوب في رصد العواصف الرعدية، الأمر الذي يجعل الدول العربية متأخرة عن الدول المتقدمة في هذا المجال.
3. تعامل الباحث مع حجم كبير من البيانات التي استدعت الدراسة تبويبها وتحليلها وتفسيرها.
4. لم يجد الباحث أية بيانات في الجهات ذات العلاقة حول حجم الأضرار الناجمة عن:
   - الإنجراف والهدم بفعل الفيضانات على الأراضي الزراعية.
   - تأثير الفيضانات على سعة السدود التخزينية من خلال كمية الرواسب التي تصل إليها.

الفصـــل الأول

الخصائص المناخية في الأردن وأثرها في تطور العواصف الرعدية

- **تمهيد**

1.1 العوامل الجغرافية المؤثرة في مناخ الأردن

1.1.1 الموقع

2.1.1 التضاريس

2.1 العوامل السينوبتيكية المؤثرة في مناخ الأردن

1.2.1 التوزع الجغرافي للضغط الجوي

2.2.1 الرياح

3.2.1 الكتل الهوائية

4.2.1 الجبهات الجوية

5.2.1 المنخفضات الجوية

– تمهـــيد

تعدّ دراسة الظواهر الجوية والتغيرات التي تطرأ عليها غاية في الأهمية، إذ أنّ الأحوال الجوية تؤثر مباشرة في حياة الانسان ونشاطاته المختلفة، كما أنّ المعرفة العلمية بهذه الظروف إحدى مقومات التنمية الاقتصادية والاجتماعية.

ويعرّف المناخ بتعريفات عدّه تختلف اختلافات تفصيلية عن بعضها بعضاً، غير أنّها تتفق من حيث المضمون، وعليه يمكن تعريف المناخ Climate بأنه؛ العلم الذي يدرس الظواهر الجوية والعناصر المناخية العامة وخصائصها الإحصائية في منطقة معينة خلال فترة زمنية طويلة نسبياً، والمناخ بتعريفه السابق يختلف عن الطقس Weather الذي يقصد به حالة الجو في مكان معين من حيث الحرارة والرطوبة والرياح والأمطار، خلال فترة قصيرة تتراوح بين أقل من ساعة إلى عدة أيام. [1]

توجد مجموعة من الضوابط التي تؤثر على المناخ وتجعله يختلف مكانياً وزمانياً، مثل الموقع الجغرافي والدورة السنوية للإشعاع الشمسي ونمط الكتل الهوائية والارتفاع عن سطح البحر. وعلى الرّغم من أنّ بعض هذه الضوابط ذات تأثير مباشر يمكن تحديده بسهولة، غير أنّ بعضها الآخر معقّد؛ بسبب ارتباطه بالدورة الجوية العامة، ويسهم الموقع والظروف الطبوغرافية والمؤثرات البحرية، ومجموعة من العوامل السينوبتيكية في اختلاف الخصائص المناخية وما يرتبط بها من ظواهر جوية من مكان إلى آخر.

ويؤثر موقع الأردن بصورة مباشرة على الظواهر الجوية، كالعواصف الرعدية موضوع دراستنا، إذ تلعب خصائص موقعه دوراً بالغاً في التحكّم بظروفها السينوبتيكية، وتوزعها الزماني والمكاني، ونوعية الطقس المصاحب لها إضافة إلى كمية ونوعية الهطول، وعليه يمكن تقسيم العوامل المؤثرة في مناخ الأردن إلى عوامل جغرافية ثابتة، وعوامل ديناميكية مرتبطة بتوزع الضغط الجوي ونوع الكتل الهوائية المؤثرة.

[1] – ابراهيم العرود، التغير المناخي في الميزان، ط 1 (المكتبة الوطنية، عمان: 2001) ص: 24.

1.1 العوامل الجغرافية المؤثرة في مناخ الأردن

تؤدي العوامل الجغرافية – الموقع والأنماط التضاريسية وتباين مناسيب السطح – لحدوث انعكاسات بالغة على النظم المناخية وتوزعاتها المكانية والزمانية في الأردن، لذا سنبدأ بدراسة العوامل الجغرافية الثابتة المؤثرة في مناخ الأردن على النحو الآتي:

1.1.1 الموقع:

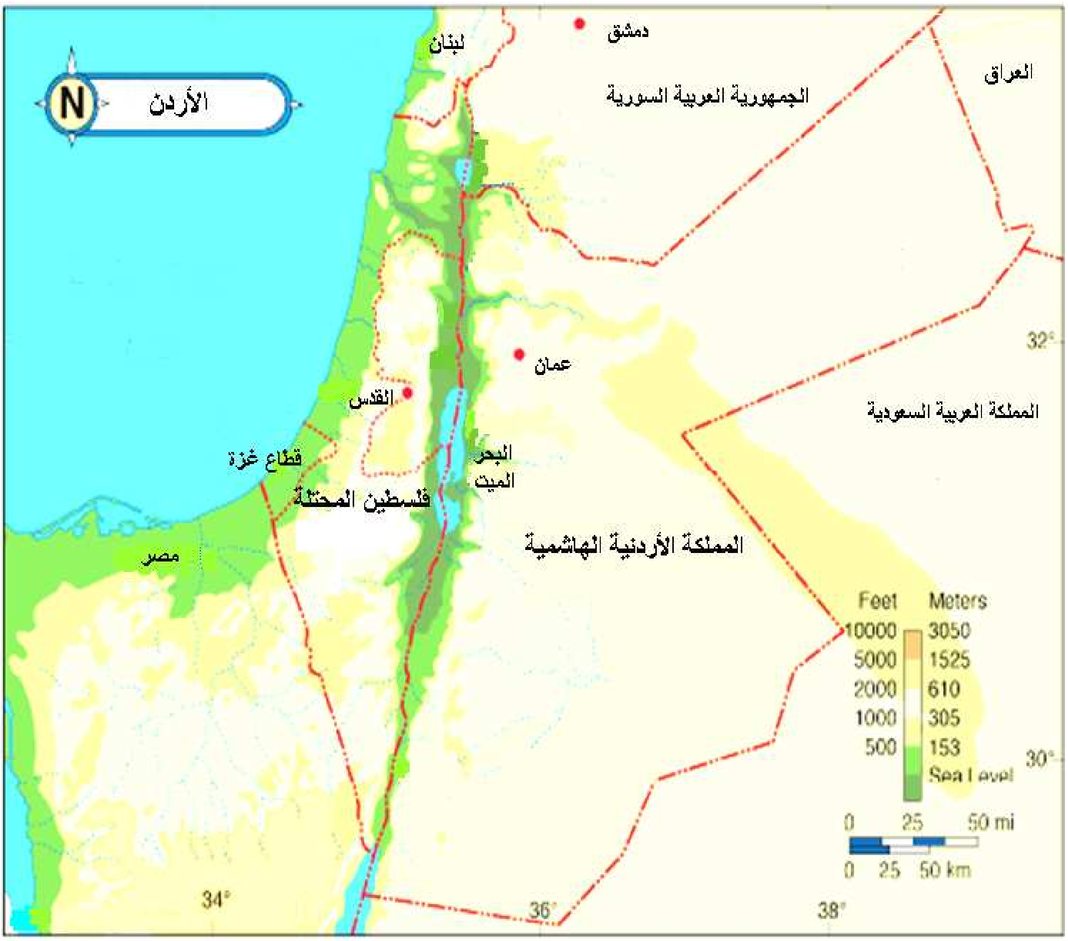
تعدّ دراسة هذا العامل من الأهمية بمكان، إذ أنّ الموقع من أهم المحددات للمناخ السائد في أيّ منطقة جغرافية، حيث يتأثر مناخ المنطقة بموقعها الفلكي تبعاً لدوائر العرض، في حين يؤثر الموقع الجغرافي من خلال طبيعة المناطق المجاورة لها، فالتأثيرات البحرية تتوقف على عامل القرب أو البعد عن المسطحات المائية، إضافة إلى دور التضاريس وأثرها في مناخ منطقة الدراسة بصورة عامة، وعلى تطوّر العواصف الرّعدية بصورة خاصة.

– الموقع الفلكي والجغرافي:

يقع الأردن في الجزء الجنوبي الغربي من قارة آسيا، على الحافة الشمالية الغربية للدرع العربي الإفريقي، انظر الخريطة (2) التي تبين الموقع الفلكي والجغرافي للأردن. وإنّ امتداده الداخلي غير البعيد عن مياه البحر المتوسط، أوجده بين نوعين من المؤثرات القـــارية والبحرية، كما أنّ امتداد موقعه الفلكي بين درجتي عـــرض 33° 22´ - 29° 10` شمال دائرة الاستواء، وبين خطي طول 39° 18 - 34° 59 شرقاً، هو الضابط الأساسي للأحوال المناخية السائدة.(1) وهذا الموقع جعل الأردن يغلب عليه في فصل الصيف النطاق الصحراوي، بينما يقع معظمه ضمن المناطق المعتدلة شتاءً، كما أوجده على الحافة الجنوبية للمسارات التي تسلكها المنخفضات الجوية في حوض البحر المتوسط.(2)

1- Qassem. Y. T, Rainfall and Drought Patterns in Jordan, Ph.D, Istanbul Technical University. 2002. P: 17.

2– نعمان، شحادة، مناخ الأردن، سابق، ص: 33.



المصدر: .www.maps.com. 28 Nove 2007

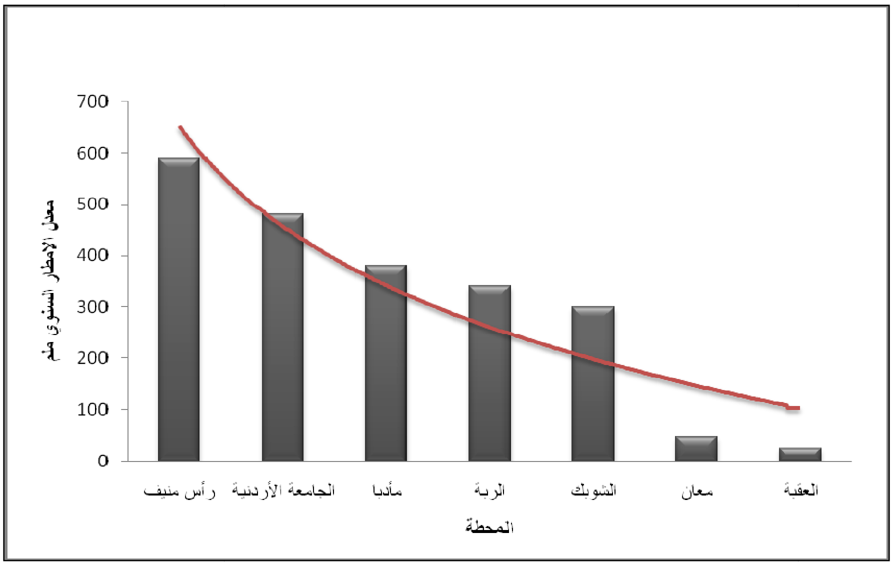
خريطة رقم (2)

الموقع الفلكي والجغرافي للأردن

وكما في الشكل (1) الذي يبين التوزع المكاني للأمطار في الأردن من الشمال إلى الجنوب، تتناقص الأمطار بالاتجاه من الشمال إلى الجنوب؛ بسبب انخفاض عدد المنخفضات الجوية والجبهات الباردة المرافقة لها التي تتعرض لها المناطق الجنوبية بالمقارنة مع المناطق الشمالية؛ حيث يتناقص عدد المنخفضات الجوية مع تناقص درجة العرض.

وقد أسهم انفصال الأردن عن البحر المتوسط بسلسلة المرتفعات الفلسطينية الغربية، إلى انخفاض فاعلية وتأثير المنخفضات الجوية بالاتجاه من الغرب إلى الشرق، مما أدى إلى قارية المناخ، وارتفاع المدى اليومي والسنوي لدرجة الحرارة، وانخفاض الرطوبة النسبية

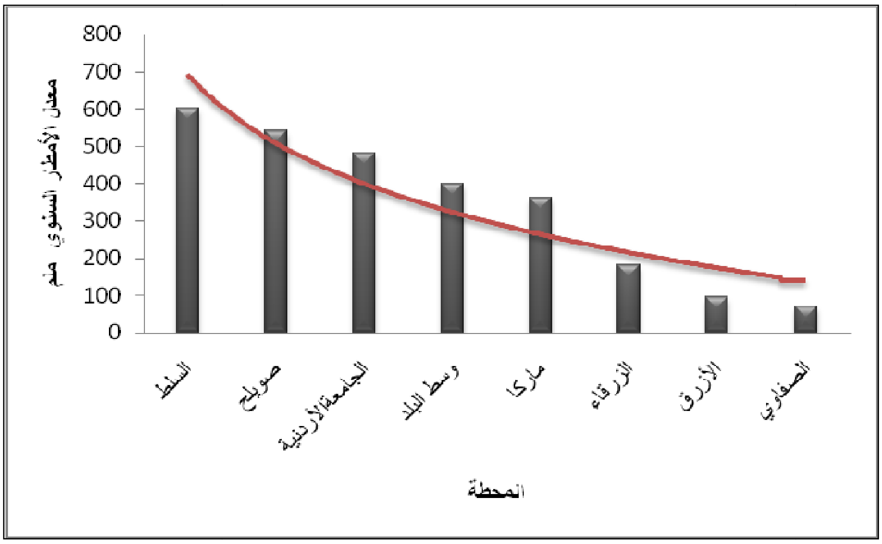
وتناقص الأمطار من الغرب إلى الشرق كما في الشكل (2) الذي يبين التوزع المكاني للأمطار في الأردن بالاتجاه شرقاً.[1]



المصدر: الباحث عن بيانات الأرصاد الجوية.

رقم (1)

التوزع المكاني للأمطار في الأردن من الشمال إلى الجنوب



المصدر: الباحث عن بيانات دائرة الأرصاد الجوية.

شكل رقم (2)

التوزع المكاني للأمطارفي الأردن من الغرب إلى الشرق

1- صلاح الدين بحيري، جغرافية الأردن، ط 2 (مكتبة الجامع الحسيني، عمان، 1991) ص: 47.

وعليه نجد أنّ الموقع الجغرافي والفلكي فرض على الأردن مناخ البحر المتوسط، الذي يتميز بصيف جاف حار وشتاء ماطر بارد، تتساقط فيه الثلوج على المناطق المرتفعة أحياناً، في حين يتميز فصلي الربيع والخريف باعتدالهما، وعلى الرّغم من ذلك إلاّ أنّ حالات من عدم الاستقرار الجوي تترافق بسقوط الأمطار الرعدية تتكون خلال هذين الفصلين.

- الموقع بالنسبة للمسطحات المائية

يقع الأردن في الجزء الجنوبي الشرقي للبحر المتوسط، ويشرف من الجهة الجنوبية على البحر الأحمر من خلال خليج العقبة، ويتأثر بالظروف الجوية السائدة في البحر المتوسط، فمعظم الأمطار التي تسقط على الأردن ناتجة عن منخفضات جوية تتكّون أو تمر فوق البحر المتوسط، خـــلال نصف السنة الشتوي (من بداية شهر تشرين الثاني حتى أواخر شهر نيسان).

ويتأثر الأردن بالمنخفضات التي تتكون في منطقة البحر الأحمر وجهات السودان، حيث تكتسب الرطوبة أثناء مرورها فوق مياه البحر لتسقط بسببها أمطار خفيفة في أنحاء متفرقة من الأردن، إلاّ أنّ امتداد أخدود البحر الأحمر نحو الشمال والتقاءه بحوض علوي بارد على الحوض الشرقي للبحر المتوسط؛ يؤدي لحدوث حالات عدم استقرار جوي، ينتج عنها عواصف رعـــدّية، ترافقها زخـــات غزيرة من الأمطار قد تكون مصحوبة بالبرد أحياناً.[1]

ونتيجة حركة الشمس الظاهرية خلال فصل الشتاء، فإنّ نطاق الجبهة القطبية الباردة (المنطقة التي تلتقي فيها الرياح القطبية الباردة القادمة من الشمال مع الرياح الجنوبية الدافئة) يتزحزح جنوباً، مما يفسح المجال للمنخفضات الجوية أن تتكون فوق البحر

1- علي أبو حسين، تأثير منخفض البحر الاحمر على مناخ الأردن في فصلي الربيع والخريف مرجع سابق، ص:51.

المتوسط، ونتيجة حركة هذه المنخفضات من الغرب إلى الشرق أو إلى الشمال الشرقي، فإنّ جزءاً يسيراً منها يعبر الأردن مسبباً هطولاً مطرياً.

لذلك يعدّ البحر المتوسط المسؤول الأول عن الأحوال المناخية في الأردن، فهو مصدر الرطوبة والتكاثف وهطول الأمطار، وليس أدّل على ذلك من تناقص معدلات هذه العناصر بالبعد عن مـــؤثراته بالاتجاه جنوباً أو شرقاً، وتشكّل المنخفضات الجوية المتوسطية عاملاً مناخياً مهماً يتحكم بالأحوال الجوية في منطقة شرق المتوسط، إضافة إلى القسم الجنوبي الغربي من قارة آسيا وقارة أوروبا وشمال قارة إفريقيا.

2.1.1 التضاريس

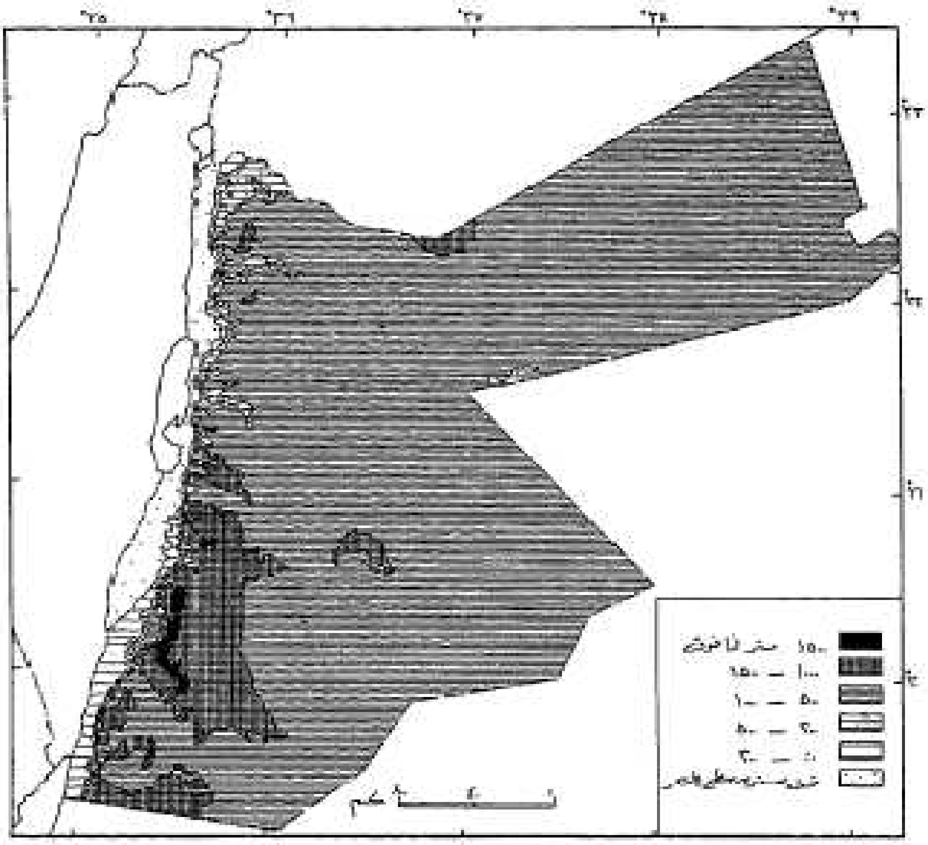
يعدّ الارتفاع عن سطح البحر (التضاريس) أحد العوامل الهامة التي تؤثر في مناخ الأردن، وبصفة خاصة بالنسبة لدرجة الحرارة أو الضغط الجوي أو الهطول. وعلى الرّغم من كون الموقع الفلكي محدداً اساسياً للأحوال الجوية، إلاّ أنّ امتداد التضاريس وارتفاعها عاملان بارزان في تأثيرهما على العناصر المناخية في المناطق المختلفة، ولهما أثر واضح في كمية الأمطار وتوزعها وجهة هطولها، إضافة إلى معدلات درجة الحرارة وتغيراتها.[1]

وتعدّ تضاريس الأردن امتداداً لتضاريس بلاد الشام، فهي تتكون من سلاسل جبلية يمتد معظمها بشكل طولي من الشمال إلى الجنوب، ويقع إلى الغرب من هذه السلاسل منطقة غور الأردن وإلى الشرق منها الهضبة الصحراوية الداخلية، كما يظهر ذلك في خريطة تضاريس الأردن رقم (3).

وتلعب التضاريس دوراً كبير الأثر في التباين المكاني للعناصر المناخية، ويتضح ذلك من مطابقة خرائط توزع العناصر الجوية المختلفة مع الخريطة التضاريسية للأردن؛ حيث نجدها

1- نعمان شحادة، مناخ الأردن، مرجع سابق، ص: 34.

تأخذ شكل نطاقات طولية متعاقبة تمتد امتداداً متطابقاً مع حدود المظاهر التضاريسية التي تمتد بنفس الاتجاه من الشمال إلى الجنوب على طول المملكة.[1]



المصدر : صلاح الدين بحيري، 1994.

خريطة رقم (3)

مناسيب سطح الأرض في الأردن.

ويؤثر ارتفاع التضاريس في توزع معدلات الأمطار ودرجات الحرارة، وبصورة عامة تسجل المناطق ذات الارتفاع الأعلى معدلات أكبر من الأمطار وأدنى معدلات من درجات الحرارة بالمقارنة مع المناطق المجاورة، وتتبع خطوط الحرارة المتساوية إلى حدٍّ كبير خطوط الكنتور (التسوية) التي تتجه بصفة عامة من الشمال إلى الجنوب، متقاطعة مع خطوط العرض، بينما المحطات الواقعة على نفس درجات العرض ولكن على مناسيب مختلفة تسجل قيماً حرارية متباينة.

[1]- يوسف فايد، جوانب من مناخ الأردن، ط 1 (جامعة بيروت العربية، 1971) ص: 13.

كذلك يتحكّم عامل المنسوب في التوزع الجغرافي للأمطار، وليس أدّل على ذلك من أنّ تقارب خط العرض لكل من إربد ورأس منيف لم يمنع تباين معدلات الأمطار في كلٍ منهما، حيث يزيد المعدل السنوي للأمطار في رأس منيف بحوالي 100 ملم عنه في إربد؛ بسبب ارتفاع محطة رأس منيف نحو 530 متراً فوق منسوب محطة إربد.

انظر إلى الجدول (2) الذي يبين العلاقة بين الارتفاع عن سطح البحر ودرجة العرض وكلاً من معدلات الحرارة والأمطار السنوية في بعض المحطات المناخية في الأردن، حيث تم تقسيم المحطات إلى ثلاث مجموعات كل مجموعة تقع محطاتها على نفس درجة العرض تقريباً، غير أنها تختلف من حيث المنسوب.

جدول رقم (2)

يبين الارتفاع عن سطح البحر ودرجة العرض وكلاً من معدلات درجة الحرارة والأمطار السنوية في بعض المحطات المناخية في الأردن.

	المحطة	الارتفاع (م)	درجة العرض		معدل درجة الحرارة (م°)	معدل الامطار السنوي (ملم)
			دقيقة	درجة		
المجموعة الأولى	الباقورة	170-	38	32	22.2	377
	إربد	616	33	32	17.7	479
	راس منيف	1150	32	32	14.2	585
المجموعة الثانية	غور الصافي	350-	32	31	25.1	73
	الربة	920	16	31	16.2	331
المجموعة الثالثة	رحمة	280-	30	30	20.6	62
	الشوبك	1365	31	30	12.4	315

إعداد الباحث عن بيانات الأرصاد الجوية، 2008.

ويظهر من الجدول السابق تفاوتاً واضحاً في معدلات الحرارة والأمطار السنوية بين المحطات التي تقع على نفس درجة العرض بسبب الاختلاف في منسوبها.

2.1 العوامل السينوبتيكية المؤثرة في مناخ الأردن

تعدّ الظروف المناخية المسيطرة على منطقة شرق البحر المتوسط (ومن ضمنها الأردن) محصلة لموقعها بالنسبة لمراكز الضغط الجوي الرئيسية المرتفعة والمنخفضة، وهي في حالة تنقل دائم ما بين الشمال والجنوب خلال السنة بسبب ارتباطها بحركة الشمس الظاهرية. وينتج عن هذا التنقل تبادل سيطرة الضغوط الجوية المختلفة، مما يؤدي إلى اختلاف في سرعة الرياح واتجاهها، واختلاف نوعية الكتل الهوائية من حيث مصدرها وصفاتها.[1]

ويتغيّر تأثير العوامل السينوبتيكية على مناخ الأردن من فصل إلى آخر، تبعاً لتقدم أو تراجع مراكز الضغط الجوي الرئيسية، وإنّ أبرز العوامل السينوبتيكية التي تؤثر على مناخه هي: التوزع الجغرافي للضغط الجوي، الكتل الهوائية، المنخفضات الجوية، حالة طبقات الجو العليا والتيارات النفاثة.

1.2.1 التوزع الجغرافي للضغط الجوي

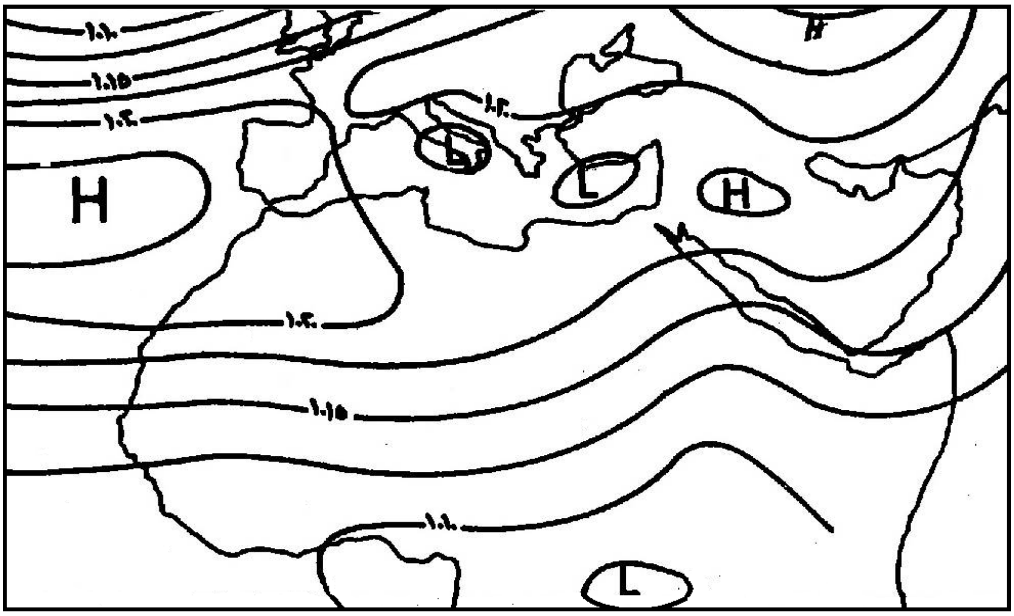
ترتبط تغيرات الطقس من فصل إلى آخر وفق أنواع الضغوط الجوية السائدة وتوزعاتها في كل من المحيط الأطلسي وآسيا وإفريقيا، وسيتم تناول تأثيرها في كل فصل من فصول السنة وعلى النحو الآتي:

أولاً: فصل الشتاء

تقع منطقة شرق البحر المتوسط وجنوب غرب آسيا خلال فصل الشتاء، تحت تأثير امتداد الضغط الجوي المرتفع بعد اختفاء الضغوط الجوية المنخفضة، ويصبح البحر المتوسط – وبفضل دفء مياهه – بحيرة من الضغط الجوي المنخفض، تقع ما بين ضغط

1- محمد ابراهيم حسن، جغرافية الوطن العربي وحوض البحر المتوسط، الجزء الاول، ط1، (مؤسسة شباب الجامعة للنشر، الاسكندرية، 2001) ص: 13.

المحيط الاطلسي والضغط الأوراسي المرتفعان، انظر إلى الخريطة (4) التي تبين توزع الضغط الجوي في شهر كانون الثاني.[1]



المصدر: نعمان شحادة، 1991.

خريطة رقم (4)

توزع الضغط الجوي في كانون الثاني

تتشكل المرتفعات الجوية في فصل الشتاء فوق اليابسة في العروض العالية؛ ويعود السبب في ذلك إلى أنّ درجة حرارة الهواء فوق سطح اليابسة أبرد بكثير من درجات الحرارة فوق البحار على خطوط العرض نفسها، يستثنى من ذلك مناطق الضغط المرتفع شبه الثابته التي تتشكل بصورة دائمة في المناطق المدارية في المحيط الأطلسي، أما بالنسبة لمنطقة البحر المتوسط فمناطق الضغط الجوي التي تؤثر عليها يمكن حصرها بالآتي:[2]

1- المرتفع السيبيري:

يؤدي انخفاض درجة حرارة اليابسة في فصل الشتاء إلى زيادة قوة المرتفع السيبيري، الذي يتمدد نحو الجنوب ليصل منطقة جنوب غرب آسيا مكوناً مركز ضغط جوي مرتفع

1- محمود رمزي، جغرافية آسيا، الجزء الأول، ط1 (مطبعة جامعة دمشق، 1990) ص: 37.

2- المنظمة العربية للتنمية الزراعية، المناخ الزراعي في الوطن العربي (الخرطوم، 1976) ص: 70

فوق هضاب أرمينيا والأناضول وشمال العراق والمناطق الداخلية من بلاد الشام ، ويتوغل ذراع من ذلك المرتفع جنوباً بحيث يصل إلى شمال الجزيرة العربية ليمنع توغل المنخفضات الجوية شرقاً، إلاّ في بعض الأوقات التي ينحسر فيها المرتفع نحو الشمال أو نحو الشرق.(1)

وعندما يقع الأردن تحت تأثير المرتفع السيبيري تسوده رياح شرقية أو شمالية شرقية جافة وشديدة البرودة، وإذا ما ترافقت هذه الحالة بتمركز منخفض جوي سطحي في الجزء الشرقي لحوض البحر المتوسط، مع وجود متن لمرتفع جوي اتجاه محوره شمالي شرقي إلى جنوبي غربي، وإلى الجنوب من هذا المتن حوض علوي بارد يسيطر على الجزء الشرقي من البحر المتوسط، فإنّ ذلك سيؤدي لهبوب رياح قطبية شمالية أو شمالية شرقية قارية تهب على البحر المتوسط من شمال شرق أوروبا.(2)

وعلى الرّغم من انخفاض رطوبة الرياح الشرقية أو الشمالية الشرقية، وتدني درجة حرارتها، إلاّ أنّها تتشبع بالرطوبة أثناء مرورها فوق مياه البحر المتوسط؛ وبسبب ارتفاع درجة حرارة الكتلة الملامسة للماء، وانخفاض درجة حرارتها في طبقات الجو العليا، فإنّ ذلك قد يؤدي إلى تطور حالة عدم استقرار جوي في منطقة شرق المتوسط يتشكل بسببها منخفضات جوية عميقة تترافق بعواصف رعدية عنيفة.

2- المرتفع شبه المداري والمرتفع الآزوري

يتمركز الضغط الجوي المرتفع شبه المداري في فصل الشتاء فوق شمال الجزيرة العربية والصحراء الكبرى، كما يتزحزح في هذا الفصل المرتفع الجوي الآزوري المتمركز فوق جزر آزور في المحيط الأطلسي نحو الجنوب، ويمتد منه ذراع نحو الشرق عبر الصحراء الغربية ليسيطر على مناطق شمال إفريقيا من المغرب إلى الجزائر وتونس حتى مصر،(3)

1- المنظمة العربية للتنمية الزراعية، المناخ الزراعي في الوطن العربي، مرجع سابق، ص: 71.

2- عبدالله سالم عومر وآخرون، جغرافيا الوطن العربي، ط1 (طرابلس: 1990) ص:69.

3 - المنظمة العربية للتنمية الزراعية، مرجع سابق، ص: 71.

فيتصل الضغط المرتفع شبه المداري (من خلال ذراع المرتفع الآزوري) بالمرتفع السيبيري مكونة نطاقاً ضخماً من الضغط الجوي المرتفع. (1)

ويشمل هذا النطاق من الضغط المرتفع أواسط أوراسيا وشمال إفريقيا، وعندما يتغيّر محور ذلك المرتفع ويمتد نحو الشمال الشرقي، فإنّه يكّون ضغطاً مرتفعاً فوق الحوض الغربي للبحر المتوسط وشبه جزيرة أيبيريا، ويرّغم الرياح القطبية الباردة على الدوران حوله، ودخول حوض البحر المتوسط على شكل تيار قوي يعمل على تهيئة الجو لتكوّن المنخفضات الجوية وتعمقها.(2)

وعندما تترافق هذه الوضعية بوجود متن لمرتفع جوي علوي يسيطر على وسط وغرب أوروبا، مع وجود حوض علوي بارد إلى الشرق من هذا المتن يمتد فوق شرق البحر المتوسط، يؤدي إلى تدفق الهواء البارد بين المتن والحوض العلوي، وتكوّن منطقة تجمّع للهواء البارد فوق الجزء الشرقي للبحر المتوسط على السطح، الأمر الذي يساهم في تكوّن وتعمّق المنخفضات الجوية السطحية في المنطقة الواقعة في الحوض الشرقي للبحر المتوسط.(3)

ويساهم ارتفاع درجة حرارة الهواء المرافقة للمنخفضات السطحية بالمقارنة مع درجة حرارة الهواء في طبقات الجو العليا عند مستوى 500 ملليبار، إلى زيادة نشاط التيارات الهوائية الصاعدة، وتطوّر حالة عدم استقرار جوي قوية ترافقها أمطار رعدية غزيرة، مع تساقط للثلوج في أنحاء متفرقة من الأردن، وعندما ينحسر الضغط الجوي المرتفع عن الحوض الغربي للبحر المتوسط ويمتد فوق شمال إفريقيا، يجعل مركز الثقل في تكّون المنخفضات الجوية يتركز في حوضه الغربي، ويصبح مسار هذه المنخفضات شمالياً أو شمالياً

1 - يوسف فايد وآخرون، مناخ مصر، ط1 (دار النهضة العربية القاهرة: 1994) ص: 28.

2- يوسف فايد وآخرون، جغرافية المناخ والنبات، ط1 (دار النهضة، بيروت، 1976) ص: 15.

3- Qassem.y, T. Op. Cit. p: 24.

شرقياً، ويجذبها إلى ذلك مركز الضغط المنخفض فوق البحر الأسود ويكون تأثيرها على الأردن محدوداً ومؤدياً إلى سيادة الجفاف.[1]

3- طبقات الجو العليـــا

تؤدي الحالة الجوية السائدة في طبقات الجو العليا إلى حدوث تغيّرات في الحالة الجوية السطحية، وعندما يقترن المنخفض الجوي السطحي بحوض علوي بارد، فإنّ الهواء القطبي يستمر بالتدفق نحو المنطقة فيتعمق المنخفض وتزيد قوته.

وإذا استمر تدفق الهواء البارد بعد امتلاء المنخفض، فإنه قد يؤدي إلى تكون منخفض آخر. ويتأثر الأردن بسلسلة من المنخفضات الجوية المتلاحقة و ببعض المنخفضات المركبه Compound Depressions (وهو المنخفض الذي يوجد له أكثر من مركز واحد)، ويتلاشى المنخفض الجوي أو يتحول إلى منخفض ضحل في أحسن الأحوال، إذا ما اقترن بنتوء جوي علوي يعمل هبوط الهواء فيه على الحدّ من قوة المنخفض الجوي والقضاء عليه نهائياً.[2]

4- التيارات النفاثة

التيار النفاث هو عبارة عن حزمة هوائية ذات سماكة تزيد عن 1 كم، وعرض يزيد عن عدة مئات من الكيلو مترات، يندفع أفقياً في أعالي التروبوســـفير (عند قمته) بسرعة شديدة تتجـــاوز 30 م/ث وقد تصل أحياناً إلى أكثر من 150 م/ث، ويتجاوز طوله بضعة الاف من الكيلومترات، ويتميّز بقص ريحي Wind shear رأسي وجانبي شديدين، ويشكل نواة محورية لتدفق الهواء العلوي.[3]

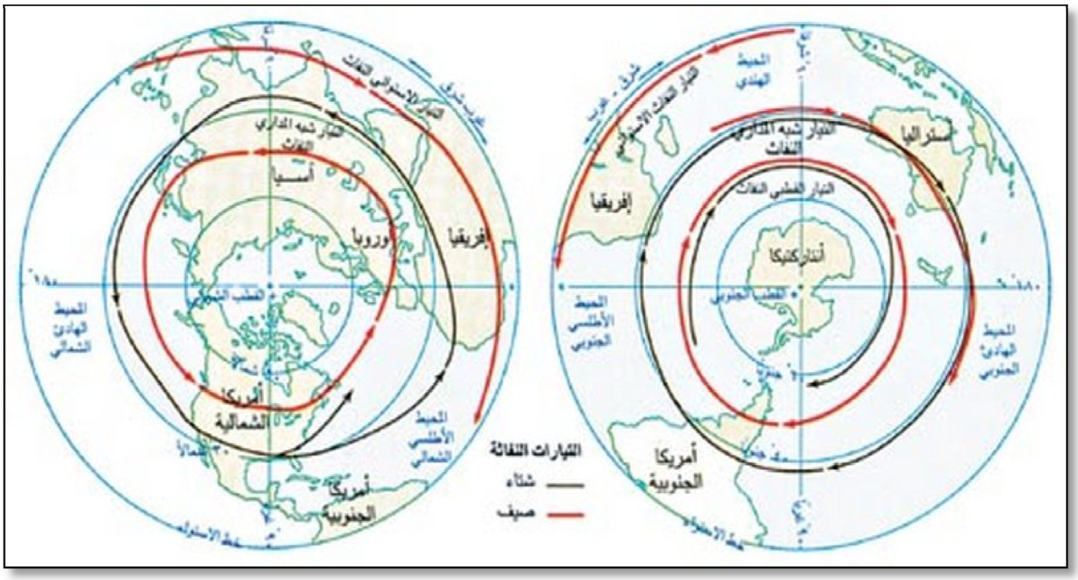
وتتحرك التيارات النفاثة على شكل موجات حول نصفي الكرة الأرضية الشمالي والجنوبي من الغرب إلى الشرق ماعدا أقربها إلى خط الاستواء حيث يتحرك باتجاه الغرب،

1- نوح صبابحة، حالات عدم الاستقرار الجوي في الأردن 1996-2003، مرجع سابق، ص:81.

2- نعمان شحاده، مناخ الأردن، مرجع سابق، ص: 39.

3- علي موسى، أساسيات علم المناخ، ط1 (دار الفكر، دمشق: 1994) ص: 113.

انظر إلى الخريطة (5) التي تبين التيارات النفاثة وحركتها فوق الكرة الأرضية، ويوجد في طبقة التروبوسفير ثلاثة تيارات نفاثة هي: التيار النفاث القطبي، التيار النفاث شبه المداري والتيار النفاث الاستوائي.



المصدر: www.maps.com. 8 Nov 2008.

خريطة رقم (5)

التيارات النفاثة وحركتها فوق الكرة الأرضية

وتتأثر منطقة جنوب غرب آسيا خلال فصل الشتاء بتيارين نفاثين يظهران على خرائط الطقس اليومية خاصة عند مستوى 200 ملليبار همـــا: التيـــار النفاث القطبي Polar Jet؛ وهو تيار يقترن بالجبهة القطبية الاطلسية، ويقع مساره إلى الشمال من البحر المتوسط معظم الأحيان، ومع ذلك فإنّ موقعه يتزحزح نحو الجنوب في الأيام التي يحدث فيها تدفق كبير للهواء القطبي البارد انظر الخريطة (5)، وفي مثل هذه الحالات يصبح تأثيره على منطقة شرق البحر المتوسط كبيراً.

أما التيار الثاني؛ فهو التيار النفاث شبه المداري Sub Tropical Jet الذي لا يقترن بجبهة محددة، وإنما يقترن بالتقاء تيارات علوية باردة ودافئة، وموقعه غالباً ما بين درجتي عرض 23^{o} – 27^{o} شمالاً. ويقدّر عرضه بخمس درجات تقريباً، ويتزحزح موقعه باتجاه

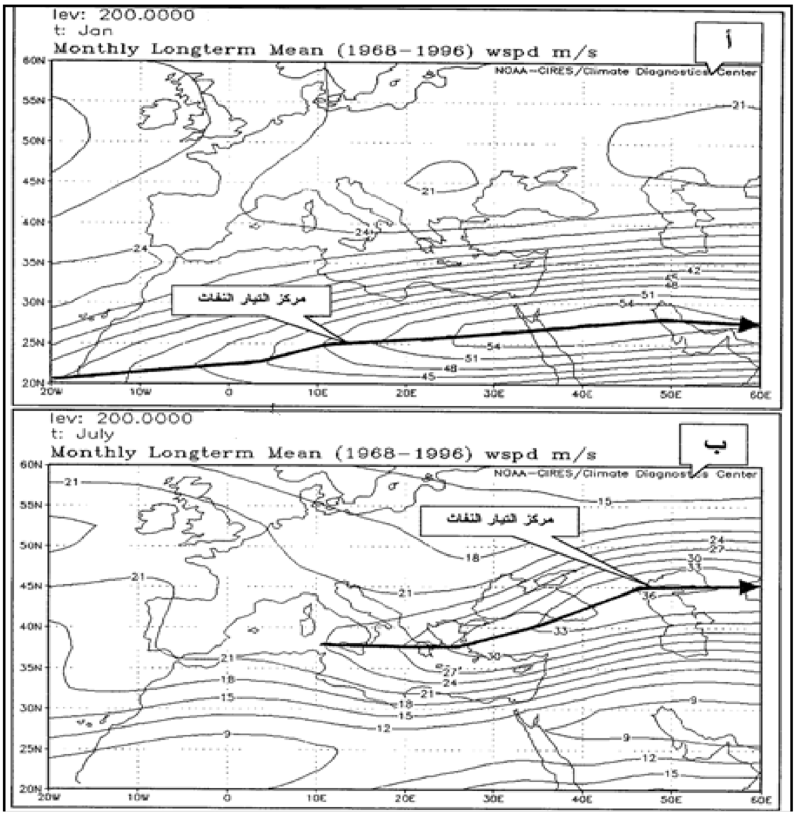
الشمال وباتجاه الجنوب بنحو عشر درجات تقريباً حسب حركة الشمس، وقد وجد أنّ محور هذا التيار يظهر على مستوى 200 ملليبار إلى الجنوب من محوره على مستوى 300 ملليبار. [1]

وتحدث العواصف الرعدية غزيرة الأمطار التي تتعرض لها جهات من منطقة الشرق الأوسط، عندما يكون محور التيار على مستوى 300 ملليبار إلى الجنوب من محوره عند مستوى 200 ملليبار، وفي بعض الحالات التي يظهر فيها حاجز ضخم Blocking يعترض مسار الرياح العليا، يتزحزح التيار القطبي نحو الجنوب ويتزحزح التيار المداري نحو الشمال فيلتقيان معاً مما يؤدي لظهور نطاق هائل من الرياح الغربية العليا، وتتأثر مسارات التيارات النفاثة بمواقع المرتفعات الجوية والكتل الجبلية المرتفعة والمسطحات المائية، وقد يتحول مسار التيار شبه المداري في بعض الأحيان ليصبح من الشمال إلى الجنوب، ويحدث هذا عادة عند خط طول 40° شرقاً.[2]

ويؤثر موقع هذان التياران وحركتهما في التوزع الجغرافي للأمطار على منطقة جنوب غرب آسيا، حيث تساهم في تحديد المناطق المفضلة لتكون المنخفضات الجوية ومساراتها، كما تؤثر على توزع الضغط الجوي، وإنّ الأمطار تزيد على الجهات الجنوبية الغربية والشمالية الشرقية الواقعة على المحور الرئيسي للتيار، والتي تنشط فيها الحركة الرأسية الصاعدة للهواء،[3] انظر إلى الخريطة (6) التي تبين متوسط سرعة الرياح عند مستوى (200) ملليبار م / ث في شهر كانون الثاني وشهر تموز .

1- Blintliff J, L and Willem V, S., 1982, palaeoclimates Palaeouviron – meats and Human communities in Eastern mediterraneen, p: 111.
2- Ibed, p: 112.

3 - نعمان شحادة، مناخ الأردن، مرجع سابق ص: 40.



المصدر: فواز الموسى، 2002.

خريطة رقم (6)

متوسط سرعة الرياح عند مستوى (200) ملليبار (م / ث) في شهر كانون الثاني (أ) وشهر تموز (ب) ويتضح من خلالهما متوسط مركز التيار النفاث شبه المداري.

ثانياً: فصـــل الربيع:

يعدّ فصل الربيع (آذار، نيسان، أيار) فصلاً انتقالياً بين فصل الشتاء وفصل الصيف، كما أنه غير واضح المعالم؛ لتأرجح طقسه بين الحالة الصيفية والحالة الشتوية، وعلى الرّغم من اعتدال درجات الحرارة خلاله إلاّ أنه يعتبر امتداداً لفصل الشتاء.

ويتراجع خلال هذا الفصل المرتفع السيبيري وينحسر نحو الشمال، ويضعف المرتفع الآزوري وينحسر نحو الغرب، ويتحرك نطاق الضغط الجوي المرتفع شبه المداري نحو الجنوب،[1] وتضعف جبهة البحر المتوسط ويتحرك موقعها نحو الشمال؛ ونتيجة لذلك

1 - إبراهيم العرود، مبادىء الجغرافيا الطبيعية، ط 1 (مطبعةالبهجة، إربد: 2002) ص: 167.

يقل عدد المنخفضات الجوية وتضعف قوتها وتنحرف مساراتها بإتجاه الشمال الشرقي، كما يقل تأثيرها على الأردن خلال فصل الربيع عما كانت عليه في فصل الشتاء.[1]

ويكثر في فصل الربيع تأثر الأردن بالمنخفضات الخماسينية؛ بسبب انحسار مسارات المنخفضات الجوية نحــو الشمال الشرقي لضعف الضغط الجوي المرتفع فــوق شمال إفريقيا – كما أسلفنا – تاركاً المجال للمنخفضات الخماسينية بالتشكل خلف منطقة جبال أطلس، فتتحرك شرقا ليصل قسماً منها منطقة شرق البحر المتوسط، ونظراً لطبيعة منشأها فوق مناطق صحراوية فإنها تجلب معها الغبار والأتربة، وتسلك تلك المنخفضات مساراً شرقياً أو شمالياً شرقياً بمحاذاة الساحل الشمالي الشرقي للقارة الإفريقية، تبعاً لانحسار وامتداد المرتفعين شبه المداري والآزوري من جهة والمرتفع السيبيري من جهة أخرى.[2]

وتمر المنخفضات الخماسينية التي تسلك المسار الشمالي الشرقي عبر شمال سوريا ووسط تركيا، فتتحمل بالرطوبة أثناء مرورها فوق البحر المتوسط، وإذا ترافق ذلك بوجود حوض علوي بارد يتمركز فوق الحوض الشرقي للبحر المتوسط، تصبح الفرصة مهيأة لتكّون عواصف رعدية مصحوبة بهطول الأمطار الغــزيرة في مناطق متفرقة من الأردن لا سيما الشرقية والجنوبية، وتعزى معظم التقلبات الجوية في درجة الحرارة والرطوبة والأمطار التي يتعرض لها الأردن في فصل الربيع إلى تأثره بسلسلة من المنخفضات الخماسينية المتلاحقة.[3]

ويتعمق في فصل الربيع منخفض البحر الأحمر ويصبح أكثر قوة؛ بسبب زحزحة نطاق من الضغط السوداني باتجاه الشمال والشمال الشرقي، ويغلب على امتداد منخفض البحر

1- نعمان شحاده، فصلية الأمطار في الحوض الشرقي للبحر المتوسط وآسيا العربية، مجلة دراسات (العلوم الطبيعية والجغرافيا) المجلد الثاني عشر، العدد السابع، عمان، تموز 1985، ص: 100.

2- احمد الشمايلة، المنخفضات الخماسينية والعواصف الغبارية المرافقة لها في شرق المتوسط مع التركيز على الأردن، مرجع سابق ص: 18.

3- المرجع السابق، ص: 1

الأحمر نحو الشمال الشرقي إثارة الغبار ورفع درجة الحرارة، في حين ينشأ نتيجة امتداده نحو الشمال حالات من عدم الاستقرار الجوي، ويؤدي اقترانها بأحواض علوية باردة لتشكّل عواصف رعدية مصحوبة بهطول الأمطار في أنحاء متفرقة من الأردن.[1]

ثالثاً: فصـــل الصيف

يتكون في فصل الصيف نطاقاً من الضغط الجوي المنخفض، مما يجعله أكثر فصول السنة استقراراً؛ بسبب سيطرة المنخفض الهندي الموسمي وهو منخفض حراري جاف يتكون نتيجة للتسخين الشديد في الأجزاء الجنوبية من آسيا، ويمتد نطاق الضغط الجوي المنخفض من شمال إفريقيا إلى باكستان والهند مروراً بالمحيط الهندي.[2]

ويتعرض الأردن في هذا الفصل لهبوب كتل هوائية حارة قادمة من شمال البحر الأحمر، كما يؤدي تأخر ظهور اخدود المنخفض الجوي الهندي الموسمي – الذي يمتد من منطقة الخليج العربي باتجاه الشمال – إلى امتداد الظروف المناخية الربيعية حتى شهر حزيران أحياناً، الأمر الذي يجعل الفرصة مهيأة في حالات نادرة لتطور بعض حالات عدم الاستقرار الجوي الناتجة عن بقايا تأثير الجبهات الهوائية الباردة، فيسقط بسببها أمطار رعدية في أنحاء متفرقة من الأردن.[3]

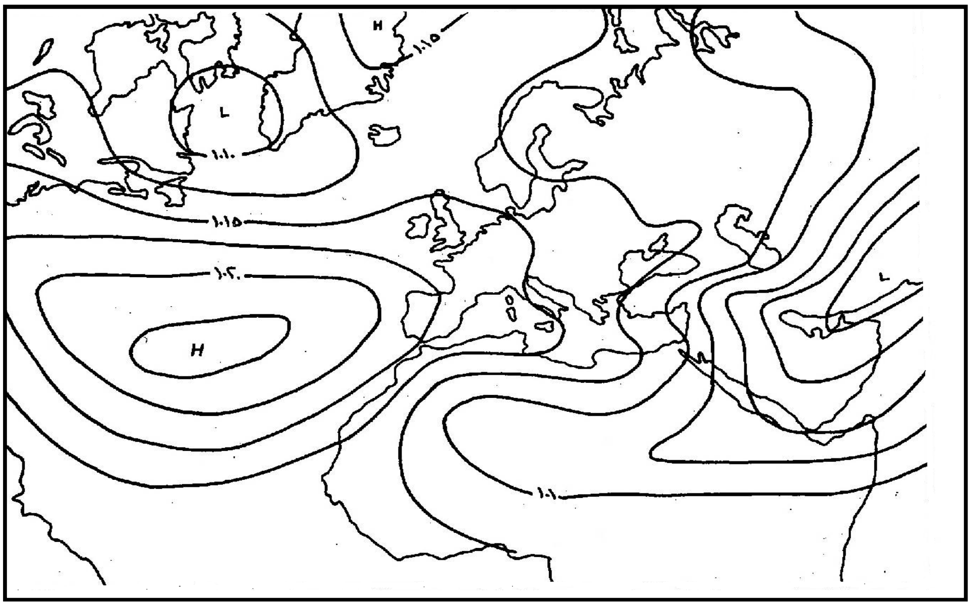
وينحسر المرتفع الآزوري في فصل الصيف عن المناطق الشرقية من الصحراء الكبرى؛ بسبب ارتفاع درجة حرارتها، ولكنه يتزحزح نحو الشمال ويمتد على شكل ذراع ضخم يجثم فوق الحوض الغربي للبحر المتوسط، والذي يعدّ عاملا رئيساً في الحد من تكوّن المنخفضات الجوية ومنع حركتها نحو الشرق صيفاً، مما يجعله فصلاً جافاً وخالياً من

1- محمد الزوكه، آسيا: دراسة في الجغرافية الإقليمية، ط2 (دار المعرفة الجامعية، القاهرة، د.ت) ص: 101.

2- يوسف فايد، مناخ لبنان، ط1 (دار النهضة، 1972) ص: 19.

3- علي غانم، الأمطار الصيفية غير العادية في الأردن، حالة دراسية للأمطار في حزيران 1992، مرجع سابق، ص: 176.

الأمطار على منطقة شرق البحر المتوسط بكاملها، انظر إلى الخريطة (7) التي تبين توزع الضغط الجوي في حزيران.[1]



المصدر: نعمان شحادة، 1991.

خريطة رقم (7)

توزع الضغط الجوي في شهر حزيران

رابعاً: فصـــل الخـــريف

يعد فصل الخريف فصلاً انتقالياً قصيراً بين الأوضاع السينوبتيكية لفصل الصيف وفصل الشتاء، ويكون الانتقال فيه من الأوضاع المستقرة الهادئة صيفاً إلى الأوضاع المضطربة شتاءً، ويبدأ هذا الفصل نهاية شهر أيلول متزامناً مع تراجع الأوضاع السينوبتيكية السائدة خلال فصل الصيف، ومع بداية تأثر الأردن بالجبهات الباردة والمنخفضات الجوية شتاءً.

ويؤثر على طقس الأردن خلال هذا الفصل مجموعة من الظروف السينوبتيكية، أهمها امتداد أخدود البحر الأحمر، الذي يظهر تأثيره في النصف الأول من فصل الخريف، وتؤدي حالات عدم الاستقرار الجوي الناتجة عنه إلى تطور عواصف رعدية مصحوبة

1- المنظمة العربية للتنمية الزراعية، مرجع سابق، ص – ص: 77- 78.

بهطول الأمطار والبرد احياناً في مناطق مختلفة من الأردن تعتمد مساحتها على مساحة المنطقة التي يغطيها الأخدود، وموقع تقاطعه مع الحوض العلوي البارد، ومقدار تحدّر الضغط الجوي ما بين مركز هذا الأخدود وبين أطرافه.(1)

كذلك يزداد أواخر فصل الخريف تأثير الجبهات الباردة والمنخفضات الجوية التي تتكون فوق الحوض الشرقي للبحر المتوسط، ويزداد عدد المنخفضات التي تسلك مسارات جنوبية؛ إذ تؤدي إلى انخفاض درجة الحرارة وسقوط الأمطار، كما يبدأ تأثير الجبهات الباردة على الأردن في شهري تشرين الأول والثاني، وإذا ما ترافقت هذه الظروف بوجود حوض علوي بارد، فإنّ الوضعية الجوية تكون مهيأة لتكون حالة عدم استقرار جوي، وبالتالي تطور العواصف الرعدية المصحوبة بالأمطار والبرد.(2)

ويتعاقب على الأردن في فصل الخريف تأثير النتوءات الجوية والأحواض العلوية الباردة، ففي حين تؤدي النتوءات الجوية إلى رفع درجة الحرارة واستقرار الجو – خاصة إذا اقترنت بنتوءات مرتفعات سطحية – فإنّ الأحواض العلوية الباردة تؤدي إلى خفض درجة الحرارة وظهور حالات عدم الاستقرار الجوي وتتشكّل العواصف الرعدية؛ عن طريق تكوين خلايا مبعثرة ذات نشاط تصاعدي شديد، يرفع كميات كبيرة من الرطوبة تبني تجمعات ضخمة من سحب المزن الركامية، كما وجد أن أبرز التغيرات الجوية التي تحدث في طبقات الجو العليا ناجمة عن وجود الأحواض العلوية الباردة.(3)

والحوض العلوي البارد عبارة عن منطقة في طبقات الجو العليا عند مستوى 500 ملليبار يسود فيها ضغط جوي منخفض بالنسبة للمناطق التي تحيط بها عند نفس المستوى،

1- Qassim.Y, T. Op. Cit. p: 27.

2- نعمان شحاده، مناخ الأردن، مرجع سابق، ص: 76.

3- المرجع السابق، ص: 44.

وتكون حركة الهواء فيها إعصارية، لذا يوجد علاقة بين الحالة الجوية السطحية والحالة الجوية العلوية.[1]

2.2.1 الريـــاح

تعدّ الرياح استجابة لتوزع نطاقات الضغط ولها دورها مهم في توزع الطاقة وتوزع الرطوبة على الكرة الأرضية، وتنشأ الرياح عن اختلاف قيم الضغط الجوي من مكان إلى آخر، لذا يتحرك الهواء (أفقياً ورأسياً) لإيجاد حالة من التوازن، ومع ذلك فإنّ الحركة الأفقية للهواء هي السائدة في الغلاف الجوي على الحركة الرأسية.

وتختلف سرعة الرياح من مكان إلى آخر ومن فصل إلى آخر؛ نتيجة للتغير الذي يطرأ على مراكز الضغط الجوي المؤثرة على المنطقة، فضلاً عن عامل التضاريس الذي يلعب دوراً بارزاً في تغير سرعة الرياح وتغير اتجاهاتها.[2]

ويتعرض الأردن خلال السنة إلى نظامين من الرياح العامة؛ رياح غربية إلى جنوبية غربية ترافق المنخفضات الجوية خلال فصل الشتاء، والتي تتحرك من الغرب إلى الشرق، ويرافقها عادة كتل هوائية قطبية باردة تهب من وسط وشمال أوروبا، أما صيفاً فتسوده رياح شمالية إلى شمالية غربية تهب من مراكز الضغط المرتفع الأطلسية والأوروبية.[3]

وتبقى سيطرة الرياح الغربية قائمة في الفصلين الانتقاليين، إلاّ أنّ المنخفضات الخماسينية التي يكثر تأثيرها على الأردن خلال فصل الربيع تترافق برياح جنوبية إلى جنوبية غربية، في حين يؤدي امتداد منخفض البحر الأحمر نحو الشمال أو الشمال الشرقي إلى تعرض الأردن لرياح جنوبية إلى جنوبية شرقية.

1- محمد بني دومي، اتجاه محور الاخدود والانبعاج فوق البحر المتوسط عند مستوى ضغط 500 ملليبار، مجلة مؤته للبحوث والدراسات، المجلد (15) العدد (5)، الكرك: 2000، ص: 34.

2 - صلاح بشير موسى، المناخ الطبيعي، (المكتب الجامعي الحديث،الاسكندرية: 2005) ص: 141.

3 - علي موسى، المناخ والأرصاد الجوية، ط1 (منشورات جامعة دمشق، 1990) ص: 318.

3.2.1 الكتل الهوائية Air Masses

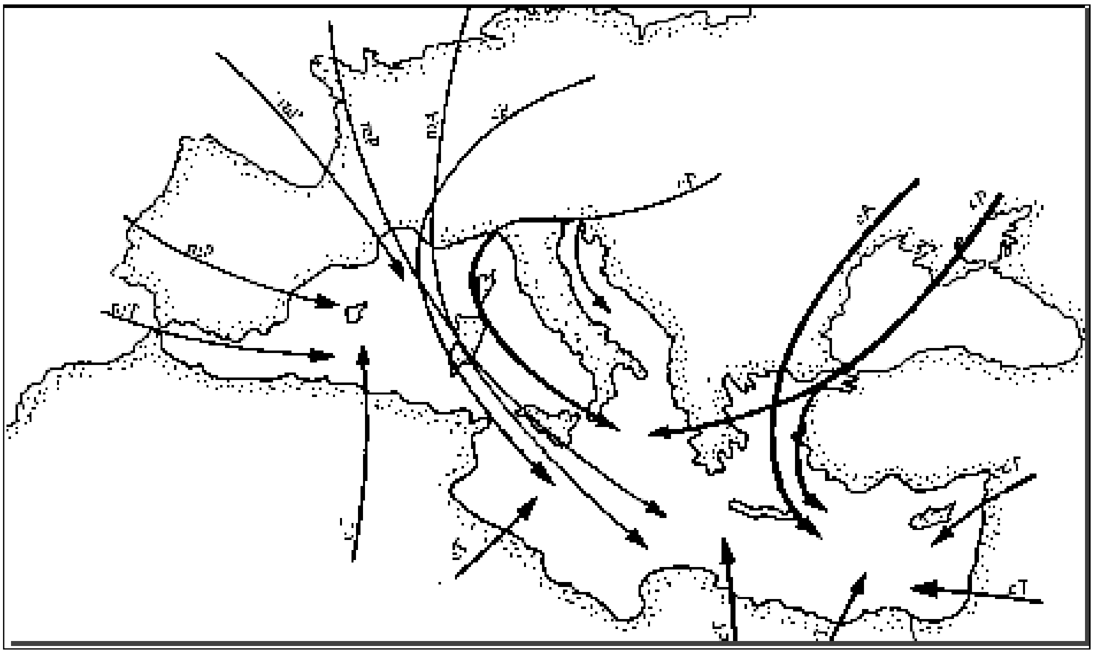
الكتلة الهوائية هي جسم كبير جداً من الهواء يغطي مساحات شاسعة من الأرض، ويمتاز الهواء في الكتلة بتجانس خصائصه الطبيعية لا سيما درجة الحرارة والرطوبة ومعدل التبريد البيئي على الارتفاعات المتساوية. ويقل تجانس الكتلة الهوائية أفقياً بسبب المساحات الشاسعة التي تغطيها إذ تمتد احياناً لتغطي 20 درجة عرض. (1)

وتستمد الكتل الهوائية خصائصها من المنطقة التي تكونت فوقها، لذا تعتمد درجة تجانسها على عوامل ثلاثة هي: طبيعة مصدرها، اتجاه حركتها، وعمرها الزمني. واستناداً إلى مصدرها تقسم الكتل المؤثرة في مناخ منطقة الدراسة إلى كتل تتشكل في العروض العليا وتكون باردة، وأخرى تتشكل في العروض المنخفضة وتكون حارة. وإذا تشكلت تلك الكتل (الحارة أوالباردة) فوق اليابسة فإنها تكون جافة، وتكون رطبة إذا ما تشكلت فوق المسطحات المائية (البحار والمحيطات).(2)

والمصادر الرئيسة للكتل الهوائية هي المناطق الشاسعة من التضاريس المستوية التي يسودها ضغط جوي مرتفع، وهذه الظروف تتحقق في المناطق التي تحتلها نطاقات الضغط الجوي المرتفع، والتي تشهد تشبعاً للرياح على سطح الأرض، حيث يهبط فيها الهواء من الأعلى إلى الأسفل. وحسب هذه الشروط فإنّ المصادر الرئيسة للكتل الهوائية في العالم، هي المناطق التي تمثل مراكز الضغط المرتفع وراء المداري، ومناطق الضغط المرتفع القطبي، انظر إلى الخريطة (8) التي تبين مصادر الكتل الهوائية ومساراتها في أوروبا والبحر المتوسط.

1- Lutgaens.F.K. and Tarbuk, E.J. (1998) The atmosphere: An introduction to meterology, prentice hall,New Jersey, USA, P:73

- Horace, R. Byers., (1974) General Meteorology.New York, MC. Graw Hill.. P: 327.
2



المصدر: Buthoux, J.P. & Gentili, B,1989

خريطة رقم (8)

مصادر الكتل الهوائية ومساراهما في حوض البحر المتوسط وأوروبا

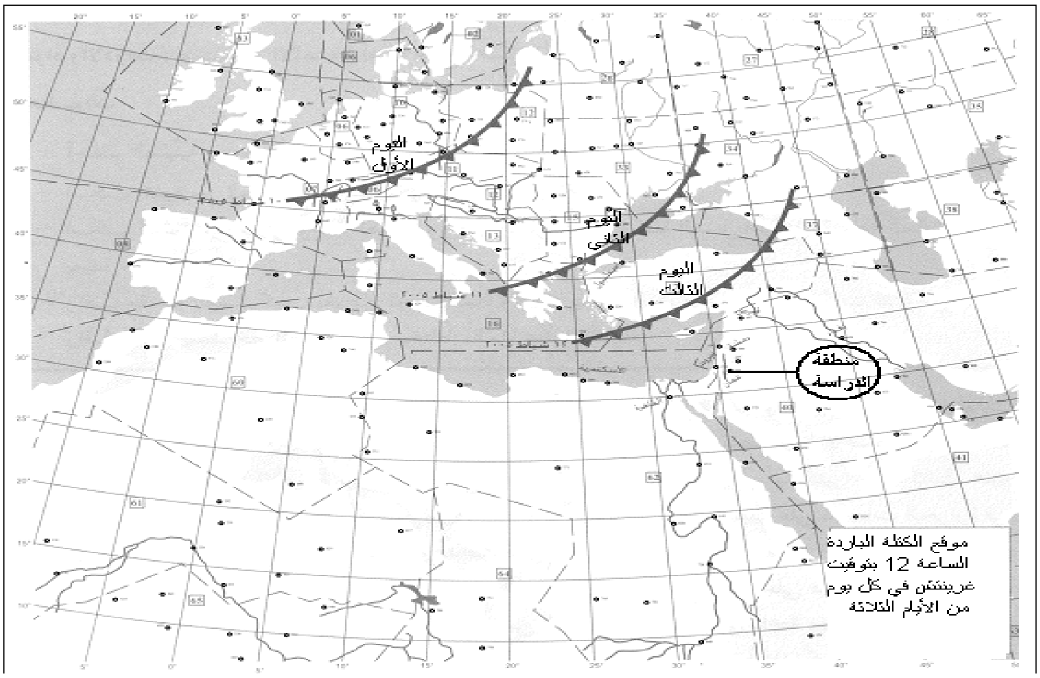
ويقع الأردن تحت تأثير كتل هوائية مختلفة؛ بسبب المنخفضات الجوية التي تصل الحوض الشرقي للبحر المتوسط، فالمنخفضات العميقة تكون مصحوبة بجبهات شديدة البرودة، يتعرض الأردن في أعقابها إلى تأثير كتل قطبية باردة Continental Polar (CP) مصدرها الرئيسي وسط وشمال أوروبا، انظر الخريطة (9) التي تبيّن مواقع كتلة هوائية باردة أثناء حركتها من شمال أوروبا باتجاه الحوض الشرقي للبحر المتوسط، ويظهر من الشكل مواقع حركة الكتلة الهوائية، حيث بدأت الحركة من شمـــال أوروبا يوم 10 شباط 2005 وقد وصلت الحـــوض الشرقي للبحر المتوسط في اليـــوم الثالث الموافق 12 شباط 2005.

ويتأثر الأردن في فصلي الربيع والخريف بكتل هوائية قارية جافة Continental Tropical (CT) ومحملة بالغبار أحياناً، تهب عادة من شبه جزيرة سيناء والصحراء المصرية الشرقية، وتكون هذه الكتل في مقدمة المنخفضات الخماسينية التي تتأثر بها البلاد، فتعمل على خفض الرطوبة النسبية بشكل حاد ورفع نسبة الغبار في الجو.[1]

1 - محمود أبو العلا، جغرافية العالم العربي، ط 3 (مكتبة الانجلو المصرية، القاهرة: 1982) ص: 45.

أما في فصل الصيف يتأثر الأردن بكتل هوائية متوسطية تتكون فوق مياه البحر المتوسط، حيث تكون مياه البحر المتوسط أبرد نسبياً من اليابس المجاور، ويكون الهواء فوق البحر أقل حرارة من هواء اليابس، فتتكون دورة هوائية ضد إعصارية من الكتل الهوائية المتكونة فوق البحر، وتهب على شكل رياح شمالية غربية لطيفة تعمل على اعتدال الحرارة.[(1)]

كذلك يتأثر صيفاً بكتل مدارية شديدة الحرارة، خاصة عندما يتكون فوق شبه الجزيرة العربية منخفض حراري Heat Low وتؤدي هذه الكتل المدارية إلى حدوث موجات حر شديد ترتفع درجة الحرارة خلالها أكثر من 5 م° عن المعدل العام.[(2)]



المصدر: www.cdc.noaa.gov/cdc/data.ncep.reanalysis. 23 Dec 2008

خريطة رقم (9)

تحرك كتلة هوائية باردة من شمال أوروبا باتجاه الحوض الشرقي للبحر المتوسط

1 - علي البنا، أسس الجغرافية المناخية والنباتية، ط1 (دار النهضة العربية، بيروت: 1970) ، ص:131.

2- احمد الشمايلة، المنخفضات الخماسينية والعواصف الغبارية المرافقة لها في شرق البحر المتوسط مع التركيز على الأردن، مرجع سابق، ص: 27.

4.2.1 الجبهات الهوائية

تمثل الجبهات الهوائية سطح انفصال – منطقة انتقالية – بين كتلتين هوائيتين مختلفتي الخصائص من حيث الحرارة والرطوبة، ومتعاكستي الاتجاه بحيث يؤدي هذا التعاكس إلى تقابلهما واصطدامهما ببعضهما البعض. ولطبيعة الكتلتان وموقع سطح الانفصال أثر كبير في التغيرات التي تطرأ على الأحوال الجوية.(1)

وتؤثر الجبهة القطبية Polar Front (PF) في مناخ حوض البحر المتوسط بشكل بالغ، لأنها الأكثر ملائمة لنشوء المنخفضات الجبهوية المرتبطة بها، وهي تنشأ عن تصادم الكتلة الهوائية القطبية (P) مع الكتلة المدارية (T) ويشمـــل مجال عملهـــا ما بين درجتي عـــرض 30° - 65° شمالاً.(2)

وهناك نوعان من الجبهات الثانوية التي تشكل البنيان الرئيسي للمنخفض الجبهوي وهي:

1- الجبهة الحارة warm front: وهي المنطقة الأمامية للجزء الدافئ من الكتلة الهوائية، ويكون انحدار الجبهة بين 0.5 – 1 درجة تقريباً، لذا تظهر السحب المرتفعة في المكان قبل وصول الجبهة السطحية بحوالي 12 ساعة، وتنشأ سحب كثيفة أمام الجبهة الحارة السطحية عندما يتصاعد الهواء الدافئ، يزداد سمك وارتفاع هذه السحب عن سطح الأرض كلما ابتعدنا عن الجبهة السطحية Ana- Warm Front.(3)

ويسبق وصول الجبهة السطحية سحب من نوع السمحاق Cirrus في البداية، ثم يليها السمحاق الطبقي Cirrostratus، ثم مع استمرار هطول الأمطار قد تتحول السحب لتصبح المزن الطبقي nimbostratus، وهي قليلة السمك لذلك ينتج عنها أمطار قليلة،

1- علي موسى، اساسيات علم المناخ، مرجع سابق، ص: 28.

2 - حازم توفيق العاني وماجد السيد ولي محمد، خرائط الطقس والتنبؤ الجوي، مرجع سابق، ص: 26.

3 - صلاح بشير موسى، المناخ الطبيعي، مرجع سابق، ص: 178.

ويصاحب مرورالجبهة الحارة ارتفاع في درجات الحرارة وانخفاض في الضغط الجوي بشكل تدريجي.

2- الجبهة الباردة Cold front: تتشكل الجبهة الباردة عندما يتوغل الهواء البارد نحو منطقة يحتلها هواء دافىء، فيجبره على الارتفاع للأعلى ويحل محله، ويتغلغل الهواء البارد الثقيل اسفل الهواء الساخن ويعمل على رفعه بسرعة، مما ينتج عنه سطح انفصال أكبر من سطح الانفصال في الجبهة الحارة، ويكون على شكل زاوية حادة تقريباً، حيث يبلغ متوسط انحدار الجبهة الباردة حوالي درجتين، وهذا يؤدي إلى قصر الفترة الزمنية التي يسود فيها الطقس المضطرب مقارنة بالجبهات الحارة، كما أنّ الطقس المرافق لهذه الجبهات أشدّ اضطراباً ويترافق عادة بعواصف رعدية شديدة وأمطار غزيرة.[1]

5.2.1 المنخفضات الجوية

تعد المنخفضات الجوية هي العامل المسؤول عن معظم التقلبات الجوية التي تتعرض لها منطقة شرق البحر المتوسط بأكملها – ومن ضمنها الأردن – حيث تتعرض لنوعين من المنخفضات الجوية، النوع الأول: المنخفضات الجوية الجبهوية Frontal depression، وينتج عنها معظم الأمطار والتقلبات الجوية في المنطقة أثناء نصف السنة الشتوي، ومصدرها حوض البحر المتوسط.

أمّا النوع الثاني: فهو المنخفضات الحرارية Thermal depression والتي تتشكل غالباً في فصلي الربيع والخريف وبداية فصل الصيف بسبب ارتفاع حرارة اليابسة، وتعمل هذه المنخفضات على زيادة سرعة الرياح وإثارة الغبار وسقوط بعض الأمطار التصاعدية – الحملانية – المترافقة بالعواصف الرعدية خاصة في فصل الربيع.[2]

---

1 - عبدالرحمن حميدة، علم المناخ ط1 (مطبعة جامعةدمشق، 1969) ص: 232.

2- فواز الموسى، الخصائص المناخية للحرارة والأمطار في منطقة شرق البحر المتوسط، مرجع سابق، ص: 47.

ويلاحظ أنّ القسم الأكبر من تلك المنخفضات يتكون في الحوض الغربي للبحر المتوسط (الحوض الغربي يمتد ما بين جبل طارق غرباً وإيطاليا شرقاً) وجنوبي جبال أطلس، ونظراً لتأثر تلك المنخفضات بالاتجاه العام للرياح في الطبقة العليا من التروبوسفير، فإنّ معظمها يتحرك في اتجاه شرقي أو شمالي شرقي، وفي أثناء حركتها تؤثر على حالة الطقس في المناطق الواقعة قريباً من مساراتها. [1]

وبما أن الأردن يقع في الجزء الجنوبي الشرقي من حوض البحر المتوسط، فإنه يتأثر بمعظم المنخفضات الجوية التي تصل حوضه الشرقي (يقع الحوض الشرقي إلى الشرق من اليونان). ويتأثر بالمنخفضات المحلية التي تتكون في ذلك الحوض، خاصة في منطقة الضغط المنخفض الذي يتمركز في فصل الشتاء فوق جزيرة قبرص وفي المياه المحيطة بها، لذا لا بد من دراسة أسباب تكوّن هذه المنخفضات، ومواطن نشأتها ومساراتها العامة ومناطق تمركزها. [2]

- أسباب نشأة المنخفضات الجوية في حوض البحر المتوسط:

يصبح البحر المتوسط في فصل الشتاء مركزاً رئيساً من مراكز الضغط الجوي المنخفض، تحيط به مراكز الضغط الجوي المرتفع – آنفة الذكر - يفصل بينها، حيث يمتد المرتفع الجوي السيبيري إلى الشمال والشرق منه، وإلى الجنوب يمتد المرتفع الآزوري ليتصل بالمرتفع الجوي شبه المداري الذي يتمركز فوق شمال الجزيرة العربية والصحراء الكبرى. [3]

ويتعرض البحر المتوسط - نتيجة لهذه المراكز الضغطية - طوال فصل الشتاء لغزو كتل هوائية قطبية باردة (CP) وأخرى مدارية دافئة (CT)، ويؤدي غزو الكتل الهوائية القطبية

1 - نعمان شحادة، مناخ الأردن، مرجع سابق، ص:91.

2- صبيح يوسف طاهر، تحليل الخصائص المناخية لإقليم بلاد الشام، مجلة جامعة الموصل، العدد التاسع، 1980، ص:70.

3 - يوسف فايد وآخرون، مناخ مصر، ط1 (دار النهضة العربية القاهرة: 1994) ص: 28.

القارية الباردة من شرق أوروبا والكتل القطبية من غرب وشمال غرب أوروبا، لتكوّن المنخفضات الجوية في البحر المتوسط، فعندما تتحرك نحوه كتلة قطبية باردة قادمة من الشمال أو الشمال الشرقي فإنه يسبق عبور الجبهة الباردة التي ترافق الكتلة الهوائية لجبال الألب، تكوّن منخفض حاجزي Lee Depression على المنحدرات الجنـــوبية لتـــلك الجبـــال؛ وسبب تكـــوّن ذلك المنخفض تجمع الهواء Air convergence وزيادة حركته الاعصارية على تلك المنحدرات.[1]

وبعد عبور الجبهة الباردة المرافقة للكتلة الهوائية القطبية سلاسل الألب والتقائها بالكتلة الهوائية الدافئة الرطبة التي تتكون فوق مياه البحر المتوسط، يتكون في تلك الجبهة منخفض موجي Wave Depression يمتص المنخفض الحاجزي الذي تكوّن قبل وصول الجبهة الباردة نفسها وينمو بعد ذلك ويتطور، خاصة إذا كانت الظروف الجوية ملائمة لتطوره بحيث يصبح منخفضاً متطوراً. [2]

ومع ذلك كله، هناك عوامل أخرى تؤثر في تكون المنخفضات الجوية في البحر المتوسط، مثل عدم استقرارية الكتل الهوائية المرافقة لتكون المنخفض، وموقع التيار الجوي النفاث، والجبهة المتوسطية فوق حوض البحر المتوسط، وامتداد الأحواض الجوية الباردة في طبقات الجو العليا.

– مواطن نشأتهـــا:

على الرغم من أن البحر المتوسط منطقة مفضلة لتكون المنخفضات الجوية خلال فصل الشتاء، إلاّ أن بعض مناطقه أكثر ملائمة من غيرها لتكون تلك المنخفضات، وأهمها منطقة خليج جنّوة الذي يتكون فوقه نحو 69 % من مجموع عدد المنخفضات التي تتكون في حوض البحر المتوسط، يليها السفوح الجنوبية لجبال أطلس حيث يتكون فوقها 18 % من

1- نعمان شحادة، فصلية الامطار في الحوض الشرقي للبحر المتوسط وآسيا العربية، مرجع سابق، ص: 100.

2 - نعمان شحادة، مناخ الأردن، مرجع سابق، ص: 100.

مجموع المنخفضات الجوية في حوض البحر المتوسط، وهي ما تعرف بالمنخفضات الخماسينية.[1]

وعدد المنخفضات التي تتكون في الحوضين الشرقي والأوسط قليل (يقع الحوض الاوسط بين إيطاليا غرباً واليونان شرقاً). ولا تزيد نسبتها عن 4 % من مجموع المنخفضات التي تتكون في حوض البحر المتوسط بأكمله، وأكثر المناطق ملائمة لتكون المنخفضات في الحوضين السابقين، هي شمالي البحر الأيوني وبحر إيجه وقبرص، ورغم قلة عددها إلاَ أنها تتمركز أحياناً لمدة يومين أو ثلاثة في بعض مناطقه، وفي احيانٍ أخرى فإنّ بعض المنخفضات التي ضعفت قبل وصولها الحوض الشرقي واصبحت منخفضات ضحلة، يتجدد نشاطها Rejuvenation ويؤدي تدفق الهواء القطبي البارد إلى تعمقها، خاصة إذا كانت مقترنة في طبقات الجو العليا بتكوّن حوض علوي بارد يجذب إلى المنطقة مزيداً من الكتل الهوائية القطبية الباردة.[2]

وتصنف المنخفضات الجوية التي يتعرض لها الحوض الشرقي للبحر المتوسط من حيث مواطن نشأتها إلى ثلاثة أقسام:

1- **المنخفضات المتوسطية:** وتشمل المنخفضات التي تصل إلى الحوض الشرقي للبحر المتوسط قادمة من الحوضين الغربي والأوسط، ويقدر عددها بــ 21 منخفضاً، وأهم مناطق تكونها خليج جنّوة. وتقع مساراتها في الجزء الشمالي من الحوض خاصة في فصل الصيف، حيث يسلك 70 % منها مسارات شمالية، وبالرغم من أن مسارات تلك المنخفضات تتزحزح جنوباً في فصل الشتاء، إلا أنّ مساراتها تتجه نحو الشرق أو الشمال الشرقي.[3]

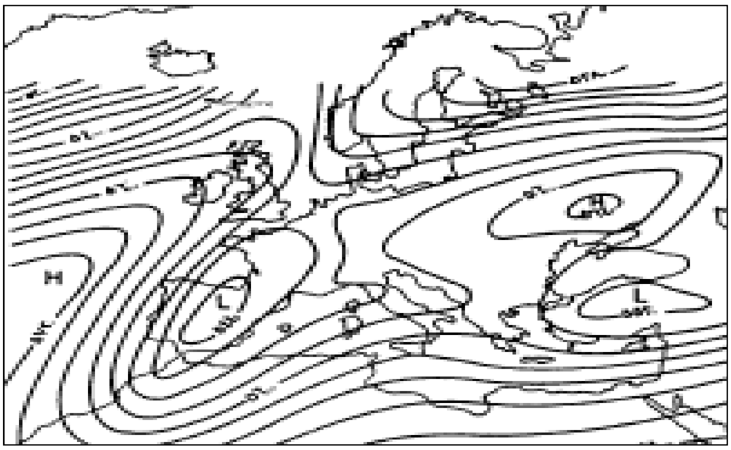
---

1 - المرجع السابق، ص: 92.

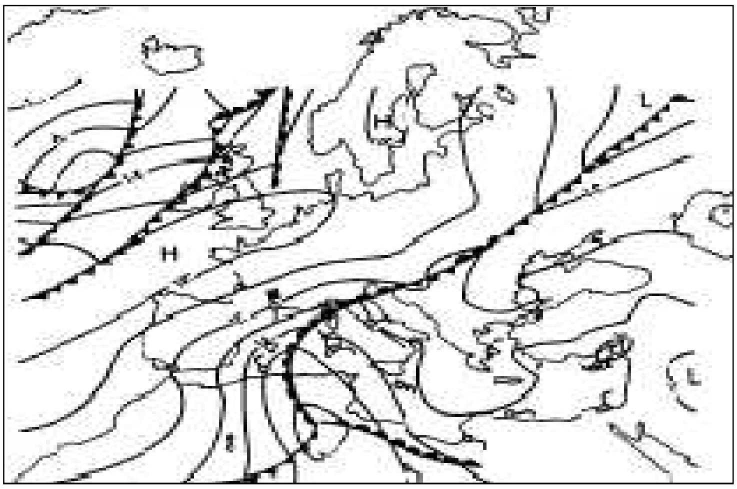
2 - المرجع لسابق، ص: 94.

3 - المرجع السابق، ص: 94.

2- **المنخفضات الخماسينية:** وتشمل المنخفضات التي تفد إلى الحوض من شمال إفريقيا، خاصة خلال فصل الربيع ويتراوح عددها بين 5 – 6 منخفضات سنوياً. وتسلك في العادة مساراً شرقياً إلى شمالي شرقي محاذياً للساحل الشمالي لقارة إفريقيا، لا سيما إذا رافق تحركها نحو الشرق تدفق الهواء القطبي البارد في مؤخرتها.[1] وتبين الخريطة (10) دور تدفق الهواء البارد إلى الحوض الغربي للبحر المتوسط وشمال إفريقيا في تكون منخفض خماسيني على سفوح جبال اطلس.



(10 - أ)



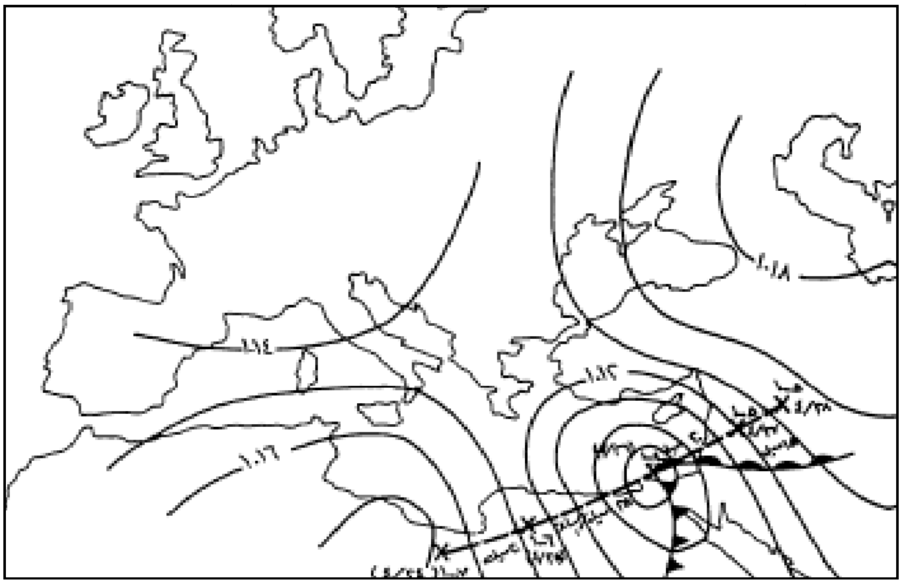
(10 - ب)

المصدر: Metrological Office, Weather In The Med, 1962.

خريطة رقم (10): تكون منخفض خماسيني

1 - محمد بني دومي، تحليل الظروف الجوية غير الاعتيادية التي سببت حدوث العاصفتين المتتايتين الخماسينية والثلجية اللتين أثرتا على الأردن للفترة من 15-18 آذار 1998، مرجع سابق، ص: 386.

كذلك تبين الخريطة (11) أنّ استمرار تدفق الهواء ساعد على تحرك المنخفض الخماسيني في مسار موازي لساحل شمال إفريقيا.



المصدر: نعمان شحادة، 1991

خريطة رقم (11)

مسار منخفض خماسيني

3- **المنخفضات القبرصية:** وهي المنخفضات التي تتكون فوق جزيرة قبرص ولا يزيد معدلها السنوي عن 1.5 منخفض سنوياً يغلب تكونها أواخر فصل الخريف وأول فصل الربيع.

- مسارات المنخفضات الجوية في حوض البحر المتوسط:

تتحرك المنخفضات الجوية مع مراكزها بحيث تتبع مسارات مختلفة لتصل إلى الحوض الشرقي للبحر المتوسط والمناطق المحيطة به، ورغم صعوبة تحديد مسارات معينة تسلكها المنخفضات الجوية، فإنّ المنخفضات التي تمر عبر البحر المتوسط أكثر انتظاماً وتناسقاً من مسارات المنخفضات الجوية التي تؤثر في غرب القارة الأوروبية.

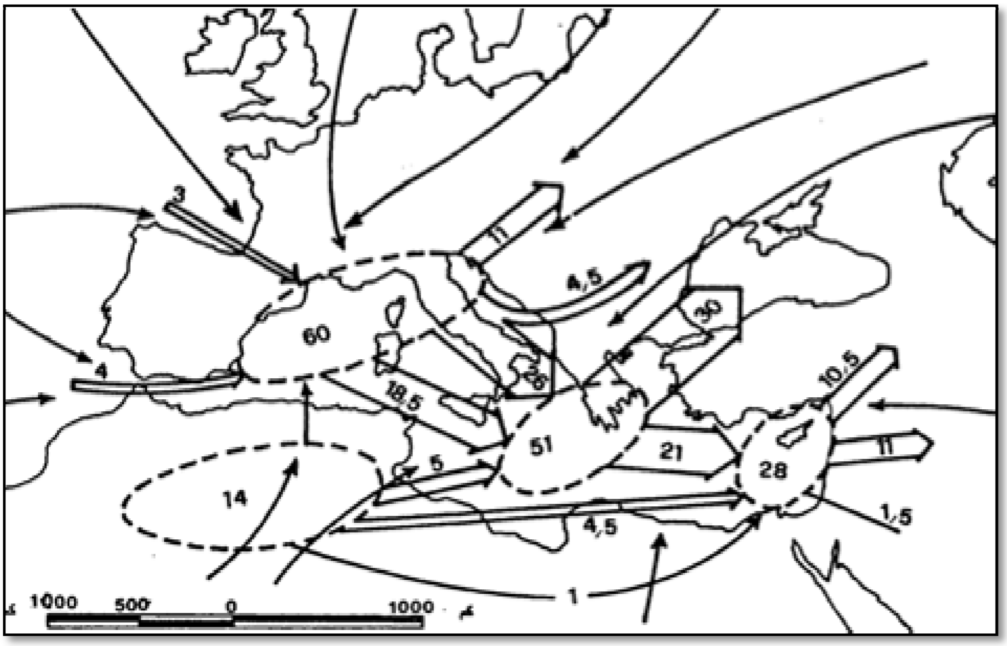
ويؤثر توزع مراكز الضغط الجوي المرتفع – والمستقرة نسبياً – في المسارات التي تسلكها المنخفضات الجوية، إذ تسلك مسارات تتجه من الغرب إلى الشرق، انظر

إلى الخريطة (12) التي تبين مسارات المنخفضات الجوية فوق البحر المتوسط، وبشكل عام يمكن تحديد ثلاثة مسارات تسلكها المنخفضات الجوية في الحوض الشرقي للبحر المتوسط وهي:[1]

1- مسار شمالي شرقي نحو خليج الاسكندرونه وجنوبي شرقي تركيا.

2- المسار الشرقي عبر سوريا والعراق.

3- المسار الجنوبي الشرقي بإتجاه فلسطين والأردن وحتى الخليج العربي ووسط هضبة إيران.



المصدر: بيري، ص ز، وتشورلي،ص ي، ترجمة عبدالقادر عبدالعزيز علي، 1993.

خريطة رقم (12)

مسارات المنخفضات الجوية فوق البحر المتوسط

1- عبدالقادر عبدالعزيز علي، الطقس والمناخ والميترولوجيا، دراسة في الجغرافية المناخية (دار الجامعة للطباعة الحديثة، القاهرة: 1982) ص: 29.

- مناطق تمركز المنخفضات الجوية في الحوض الشرقي للبحر المتوسط:

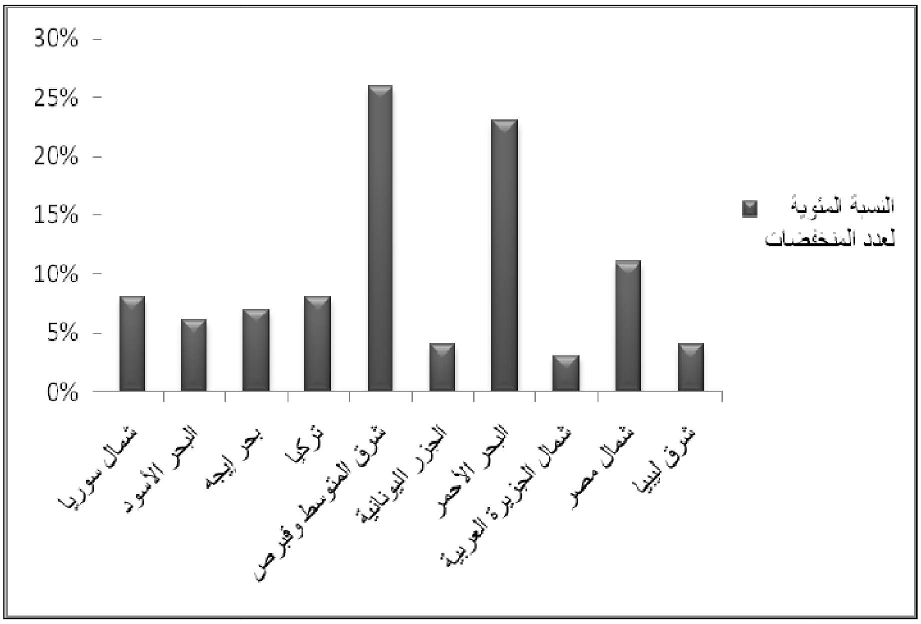
أغلب المنخفضات الجوية التي تؤثر على الأردن في فصل الشتاء تتكون في الحوض الغربي للبحر المتوسط، ثم تدفعها الرياح الغربية باتجاه الشرق، ويساعد على استمرارها بالتحرك شرقاً تمركز مرتفعاً جوياً شرق أوروبا، حيث يحد ذلك المرتفع من حركة تلك المنخفضات باتجاه الشمال أو الشمال الشرقي، وعلى الرغم من أنّ معظم المنخفضات التي تصل إلى الحوض الشرقي للبحر المتوسط تواصل تحركها نحو الشرق أوالشمال الشرقي باتجاه شمال العراق وجنوب شرق تركيا، إلاّ أنّ جزءاً كبيراً منها يتمركز لعدة أيام يبقى خلالها الجو غير مستقر، ويستمر تساقط الأمطار التي تترافق في بعض الأحيان بالعواصف الرعدية.[1]

وأهم المناطق التي تتمركز فيها المنخفضات الجوية في الحوض الشرقي للبحر المتوسط هي: جزيرة قبرص، تركيا، الساحل الشرقي للبحر المتوسط، مصر، اليونان وبحر إيجه.

ويتأثر الأردن ببعض المنخفضات الجوية التي تتمركز في المناطق المحيطة بالبحر المتوسط، فتحدث تغيّرات على الحالة الجوية تساهم في تكّون عواصف رعدية مصحوبة بأمطار غزيرة وسقوط للبرد في أنحاء متفرقة من المملكة، وتعتبر العواصف الرعدية المرتبطة بالجبهات الباردة المرافقة لمنخفضات البحر المتوسط والمنخفضات الأخرى التي تتمركز حوله من أكثر الحالات عنفاً، ويعتمد ذلك على مواطن نشأتها وعمقها ومساراتها ومدّة تمركزها، وحركة الرياح في طبقات الجو العليا ومواقع الأحواض العلوية الباردة وامتدادها.[2] والشكل (3) يبيّن نسب المنخفضات الجوية المؤثرة على الأردن سواء المتكونة فوق البحر المتوسط أو المتكونة في المناطق المحيطة به.

1 - نعمان شحادة، مناخ الأردن، مرجع سابق، ص: 110.

2 - نوح الصبابحة، حالات عدم الاستقرار الجوي في الأردن 1990-2002، مرجع سابق، ص: 81.



المصدر: نوح صبايحة، 2005.

الشكل رقم (3)

النسبة المئوية لأماكن تمركز المنخفضات الجوية المؤثرة على الأردن

أثناء حدوث حالات عدم الاستقرار الجوي

وفي نهاية هذا الفصل، تأتي المعلومات والبيانات التي سقناها عن خصائص مناخ الأردن والعوامل المؤثرة فيه سواء العوامل الجغرافية الثابتة أو العوامل السينوبتيكية، عوامل أساسية تساهم في فهم وتتبع حدوث السحب والأمطار وعواصف الرعد والبرق، كذلك يمكن من خلالها تحديد المواقع المثلى لتطور العواصف الرعدية في الأردن، وعليه سيخصص الفصل الثاني لبحث آلية تشكل العواصف الرعدية ليرسم مع الفصل الأول قاعدة من المعلومات نبني عليها باقي فصول دراستنا.

الفصل الثاني

آلية تشكل العواصف الرعدية في الغلاف الجوي

- **تمهيد**

1.2 عدم الاستقرار الجوي

2.2 سحب العواصف الرعدية

1.2.2 آلية تشكل السحب الرعدية

2.2.2 نماذج سحب العواصف الرعدية

3.2 دورة حياة العاصفة الرعدية

4.2 أنواع العواصف الرعدية

5.2 كهرباء العواصف الرعدية

1.5.2 آلية تشكل البرق

2.5.2 أنواع البرق

6.2 الرعد

– تمهيد

تعدّ محاولة فهم وتفسير الظواهر الجوية قديمة جداً، وقد شغلت تفكير الإنسان طويلاً، كما أصبحت أخبار المناخ وحالة الطقس في الوقت الحاضر من أكثر الأخبار التي يتابعها الناس لما لها من أثر بالغ على حياتهم ونشاطاتهم ومحاصيلهم. والعواصف الرعدية إحدى الأحوال الجوية التي تستأثر بمعظم الاهتمام على المستوى الشعبي والرسمي؛ لأنها من أكثر الظواهر الجوية إثارة وأبلغها خطورة على حياة الإنسان وممتلكاته.

وبدأ الإنسان برصد عواصف البرق والرعد منذ زمن قديم، حيث ولّدت لديه غريزة التكهن بماهيتها وآلية تكونها، مما قاده لتفسيرها بالكثير من الأساطير والخرافات، حيث كان يُعتقد وحتى وقت متأخر أنّها ظاهرة ناتجة عن قوى شريرة، في حين اعتقدت بعض الحضارات بأنّها حالة جوية تعّبر عن غضب الرّب، إلى غير ذلك من الاعتقادات الخاطئة التي أوقفته عاجزاً أمامها قروناً طويلة.

وفي القرن العشرين؛ نتيجة التقدم العلمي وطرق الرصد الحديثة، تبيّن أن العواصف الرعدية أبرز الظواهر الجوية التي تعمل على تبادل الطاقة بين سطح الأرض والغلاف الجوي، فتأخذ الحرارة والرطوبة من طبقات الجو السفلى وتنقلها إلى طبقات الجو العليا، وقد قدمت الدراسات والأبحاث الحديثة وصفاً دقيقاً لتركيبها ومراحل تطوّرها، وتحديد الظروف الجوية المصاحبة لها.

وترتبط العواصف الرعدية بحالات عدم الاستقرار الجوي، التي يندر أن يخلو منها شهر من الشهور المطيرة، لذا يعدّ فهم بنيتها وآلية تطورها مرتبط بفهم آلية عدم الاستقرار الجوي، وقـــوة التحريك الهوائي الحملانية الأولية من سطح الأرض باتجاه الغلاف الجوي، ومنها التسخين الشديد لسطح الأرض وغيرها من قوى التحريك للأعلى، وبالتالي فهم آلية تسخين الهواء وتبريده.

1.2 عدم الاستقرار الجوي

يعدّ الغلاف الجوي نظاماً متزناً، إلاّ أنه قد يتعرض بين الحين والآخر لبعض المؤثرات التي تفقده اتزانه فيصبح مضطرباً، وهذا الاضطراب هو ما يسمى بحـــالة عدم الاستقرار الجوي Atmospheric Instability الذي يعتمد بشكل أساسي على رطوبة الهواء وعلى التوزع الرأسي لدرجة الحرارة.

وكما هو معلوم، فإنّ الضغط الجوي يتناقص مع الارتفاع، إذ يكون الضغط مرتفعاً على سطح الأرض ومنخفضاً في طبقات الجو العليا، لذلك تعمل القوة الرأسية المتولدة عن تحدّر الضغط الجوي على رفع الهواء من الأسفل باتجاه الأعلى، وفي الاتجاه المعاكس تعمل الجاذبية الأرضية على جذبه نحو الأسفل، ونتيجة للتوازن بين هاتين القوتين يبقى الغلاف الجوي في حالة اتزان بالاتجاه الرأسي، وهذه الحالة هي ما تعرف بالاتزان الرأسي الساكن (الهيدروستاتيكي) Hydrostatic Equilibrium.

ولا يبقى الغلاف الجوي بحالة اتزان دائم، بل تطـــرأ عليــــه بعـــض الاختلافـــات أو الاضطرابات المحلية التي تنتج عن عوامل مختلفة، تجعل الهواء يرتفع للأعلى أحياناً ويهـــبط للأسفل أحياناً أخرى، وهوما يعرف بعدم الاستقرار الجوي.

ويعتمد عدم استقرار الغلاف الجوي على العلاقة بين معدل التبريد الذاتي adiabatic cooling (*)، ومعدل التبريد البيئي للهواء Environmental Lapse Rate (*)، وهذه العملية أساسية في الغلاف الجوي ومهمة لحدوث عملية التكاثف وتشكل السحب. وللتبريد الذاتي نوعان هما: التبريد الذاتي الجاف(*) والتبريد الذاتي الرطب(*)، وقد وجد أنّ

* معدل التبريد الذاتي: هو المعدل الذي يبرد به الهواء الصاعد إلى أعلى دون أن يفقد حرارة لما حوله، بسبب تمدد الهواء وزيادة حجمه.

* معدل التبريد البيئي: هو المعدل الذي تتناقص به درجة حرارة الهواء الفعلية في الارتفاعات المختلفة.

* معدل التبريد الذاتي الجاف: ويقصد به تناقص درجة حرارة الهواء الصاعد قبل أن يتشبع ببخار الماء ويحـــدث التكاثف.

معدل التبريد الذاتي للهواء الجاف حوالي 10 م° /كم ارتفاع، ، وأمّا إذا كان الهواء رطباً فإنّ معدل تبريده الذاتي يعتمد على رطوبة الهواء، وهو يتـــراوح ما بين 5- 8 م° /كم ارتفاع (عندما يبرد الهواء الرطب يتكاثف بعض من بخاره وتتحرر الطاقة الكامنة فترتفع درجة حرارة الهواء قليلاً وهذا يقلل من معدل التبريد الذاتي). [1]

ويتفاوت معدل التبريد البيئي من مكان إلى آخر ومن وقت إلى آخر، وقد يتراوح تفاوته ما بين 3 – 18 م° /كم ارتفاع، ويعود هذا التفاوت في معدل التبريد البيئي لتسخين وتبريد سطح الأرض وحركة الهواء الرأسية، حيث يزداد المعدل كلما ارتفعت درجة حرارة سطح الأرض، لذا يقل هذا المعدل بالاتجاه نحو القطبين، كما يختلف معدل التفاوت بالارتفاع من طبقة إلى أخرى في الغلاف الجوي، لذا يكون المعدل كبيراً في الطبقات السفلى من الغلاف الجوي ويقل بالارتفاع إلى أعلى.[2]

ومن الجدير ذكره، أنّ تناقص درجة الحرارة مع الارتفاع يمثل الحالة العامة للغلاف الجوي الذي فرضته الظروف الجوية السائدة، بينما يمثل التبريد الذاتي التغير الذي يحدث على درجة حرارة حزمة هوائية Air Parcel فإذا رفعت إلى أعلى وقل الضغط عليها انخفضت درجة حرارتها، وعادة تحتفظ هذه الحزمة بطاقتها الداخلية ولا تتبادلها مع الهواء المحيط بها إلاّ بعد مرور وقت طويل نسبياً تختلط فيه الحزمة مع الهواء المجاور وتفقد خصائصها وتصبح جزءاً منه.

وبناءً على ما سبق، يوصف الطقس بعدم الاستقرار المطلق إذا كان معدل التبريد البيئي أكبر من معدل التبريد الذاتي الجاف، في حين يكون مستقراً إذا كان معدل التبريد الذاتي أكبر من معدل التبريد البيئي. وهناك نوع آخر من عدم الاستقرار الجوي يعرف بعدم

---

* – معدل التبريد الذاتي الرطب: ويبرد به الهواء بعد أن يتشبع ببخار الماء.

1- صلاح بشير موسى، المناخ الطبيعي، مرجع سابق، ص: 211.

2- Barry, R, G, and Chorley, R.J., (1998), Atmosphere Weather and Climate, Library of Congress, 7th Ed, p-p: 76-77.

الاستقرار المشروط Conditional or Convective Instabilit ويحدث هذا النوع عندما يكون معدل التبريد البيئي بالارتفاع أقل من معدل التبريد الذاتي الجاف، وأكبر من معدل التبريد الذاتي الرطب. ولكي تتطور حالة عدم الاستقرار الجوي المشروط لابدّ أن يكون تناقص درجة حرارة الوسط البيئي بالارتفاع أقل من معـــدل التـــبريد الـــذاتي الجاف 10 م° /كم ارتفاع، وأكبر من معدل التبريد الذاتي الرطب 5- 8 م° /كم.(1)

وعليه فإنّ درجة حرارة الهواء بالارتفاع أقل من درجة حرارة الهواء الصاعد للأعلى ضمن الوسط الرطب، مما يجبره على مواصلة الارتفاع حتى يصل إلى النقطة التي تتساوى فيها درجة حرارته مع درجة حرارة نقطة الندى، حيث تبدأ عملية التكاثف وتتكون السحب. أمّا في حالة الهواء الجاف فإنّ درجة حرارة الهواء بالارتفاع تكون أعلى من درجة حرارة الهواء الصاعد ضمن الوسط الجاف، فيعود إلى موضعه الأصلي وبالتالي لا يحدث تكاثف.

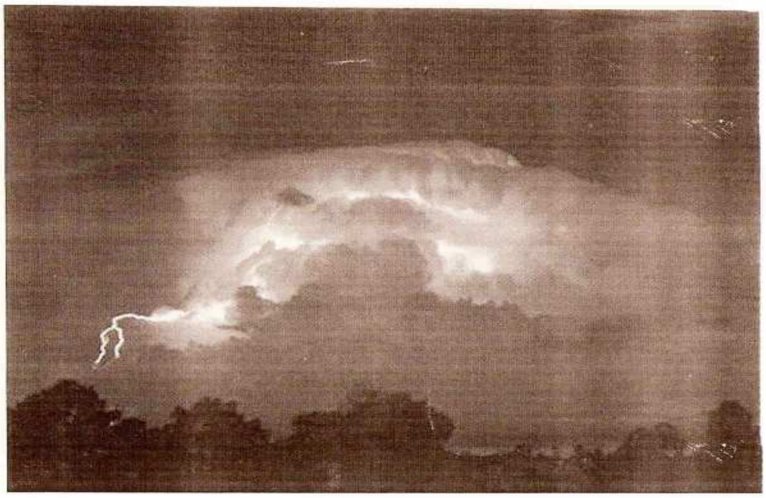
وعليه تعد دراسة الحركة الرأسية للهواء مهمة، لأنّ معظم التكاثف مرتبط بالتبريد الذاتي نتيجة الارتفاع، وبالتالي بناء سحب ذات نمو رأسي تتميز بشكلها الداكن وسمكها الكبير، وهو ماسنبحثه في الموضوع التالي.

2.2 سحب العواصف الرعدية

تعدّ السحابة الرعدية آلية مهمة في توزع الطاقة في الغلاف الجوي، وهي تتمثل بسحب المُزْن الركامية Cumulunimbus Clouds (كومولونيمبوس). انظر الشكل (4) الذي يمثل سحابة رعدية مفردة، وقد ارتبط اسم هذه السحب باللفظ اللاتيني Nimbo الذي يعني السحب الممطرة، كما هو الحال باللفظ (المُزْنُ) باللغة العربية الذي يعني السحاب يحمل الماء، وتتمثل العواصف الرعدية بهذا النوع من السحب فقط؛ لما تتصف به

1- Barry, R, G, and Chorley, R.J., (1998). Atmosphere Weather and Climate. Op. Cit. p: 77

من نمو رأسي كبير وفعالية كهربائية شديدة، فهي إن دلت فإنّما تدل على حالة اضطراب عنيفة في الجو وعدم استقرار شديد في طبقة التروبوسفير وتوفر رطوبة جوية عالية.[1]



المصدر: علي موسى، 2009.

شكل رقم (4)

يبين سحب المزن الركامية

1.2.2 آلية تشكل السحب الرعدية:

يرتبط حدوث العواصف الرعدية دائماً بالهواء غير المستقر والتيارات الهوائية الرأسية القوية، عندما توجد فروق في درجة الحرارة بين سطح الأرض وطبقات الجو العليا، ويتم ذلك بتسخين الهواء الملامس لسطح الأرض أو بتبريد الهواء العلوي، أو بسبب هبوب تيارات هوائية علوية باردة، مما ينشّط حركة التيارات الهوائية الصاعدة من سطح الأرض إلى الجو.[2]

وتتصف سحب العواصف بإمتدادها الرأسي الكبير والأفقي المحدود، مما يجعل كمية كبيرة من الأمطار تسقط على مساحة محدودة من سطح الأرض، وتكون قمتها متوسطة

1 - مجمع اللغة العربية، المعجم الوسيط، الجزء الأول (الإدارة العامة للمعجمات وإحياء التراث، القاهرة: 1972) ص: 866.

2- Herbert Riehl., (1978). Introduction to the Atmosphere, National Centr for Atmospheric Research, Boulder, Colorado, Third edition, p p: 121-122.

أو عالية الارتفاع وتبدو رمادية اللون، وتنتج أمطاراً غزيرة ذات شدّة عالية، تسبب سيولاً وفيضانات عارمة في أحوال كثيرة.[1]

ولكي يبدأ تكوّن سحابة رعدّية يجب توفر آلية خاصة تقدر على رفع الهواء الساخن بفاعلية إلى أعلى في جو رطب غير مستقر، وفي مثل هذه الظروف تصبح حركة الهواء الرأسية من سطح الأرض بإتجاه طبقات الجو العليا سهلة، بحيث تكون التيارات الصاعدة قادرة على بناء سحابة ركامية سميكة. وقوة الرفع الشديدة التي يحتاجها الهواء الرطب للارتفاع إلى طبقات الجو العليا تتوفر في واحدة من الحالات الآتية:

أولاً: التسخين الحراري الشديد المحلي لسطح الأرض (التسخين البقعي المحلي)

يرتبط بهذا النوع من التسخين سحب المزن الركامي، حيث تتطور بعض الخلايا الحملية المتفرقة (خلايا منعزلة single cells؛ نتيجة التسخين الحراري الشديد لبقع محلية من سطح الأرض، فتولُّد حركة هوائية رأسية نشطة قد تصل إلى سقف طبقة التروبوسفير، وتتطور حالة من عدم الاستقرار المشروط Conditional or convective Instability وقد تم الإشارة إليه آنفاً.

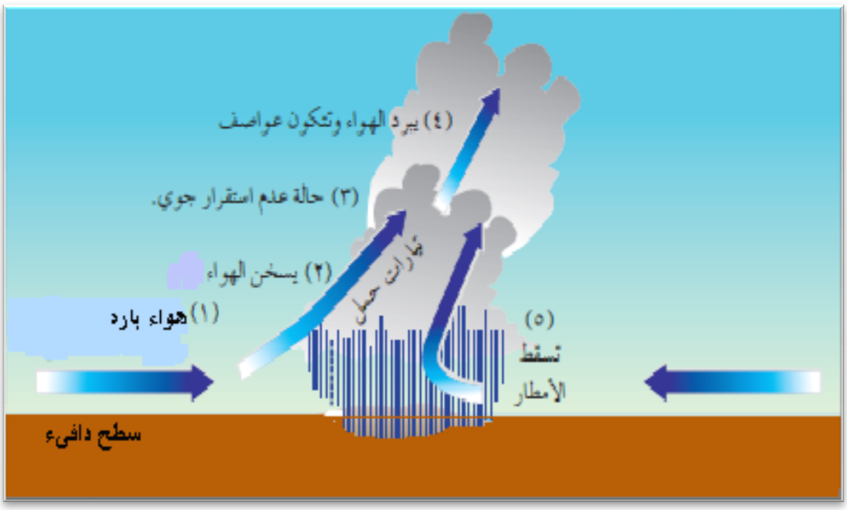
وفي هذه الظروف يبرد الهواء الرطب بالحركة الرأسية، إذ تكون طبقة الهواء السفلى الملامسة لسطح الأرض عرضة للتسخين فيتمدد الهواء ويزيد حجمه، وتقل كثافته فيرتفع إلى الأعلى باحثاً عن طبقة في الغلاف الجوي تماثله في الكثافة، ولكون درجة حرارة هواء الوسط البيئي أقل من درجة حرارة الهواء الصاعد، تتشكل تيارات هوائية صاعدة يستمر خلالها الهواء بالصعود، حتى يصل إلى درجة حرارة نقطة الندى ثم تتكون السحابة الركامية، انظر الشكل (5) الذي يوضح آلية تشكل السحب الركامية الناتجة عن التسخين المحلي.[2]

---

1 - صلاح بشير موسى، المناخ الطبيعي، مرجع سابق، ص: 220.

2 - حسن ابو العينين، أصول الجغرافيا المناخية، ط 1 (الدار الجامعية، بيروت: 1981) ص:291.

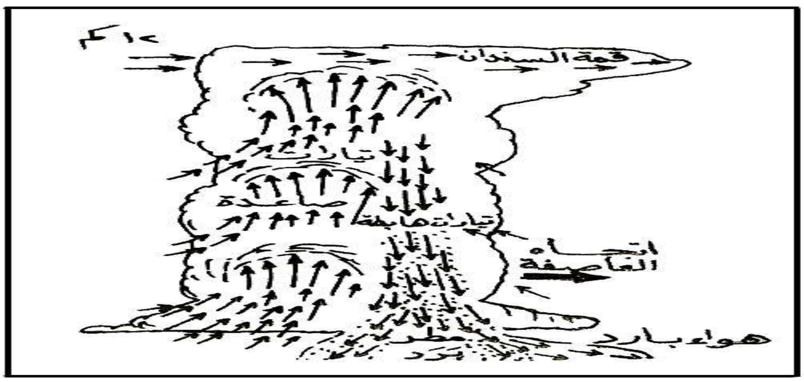
وتكون السحب الرعدية الناتجة عن هذه الطريقة محدودة الإمتداد الأفقي، وتتراوح مساحة المنطقة التي تشملها بين 20 – 50 كم^2 بالمقارنة بإمتدادها الشاقولي الذي يصل إلى قمة التروبوسفير. وتستغرق عواصف هذه السحب زمناً قصيراً يتراوح بين 30 دقيقة إلى ساعة واحدة من بداية تشكل العاصفة حتى تلاشيها[1]، انظر الشكل (6) الذي يبين مخطط سحابة رعدية مفردة.



إعداد الباحث باستخدام برمجية الرسام.

شكل رقم (5)

آلية التسخين البقعي المحلي



المصدر: علي موسى ، 1989.

شكل رقم (6)

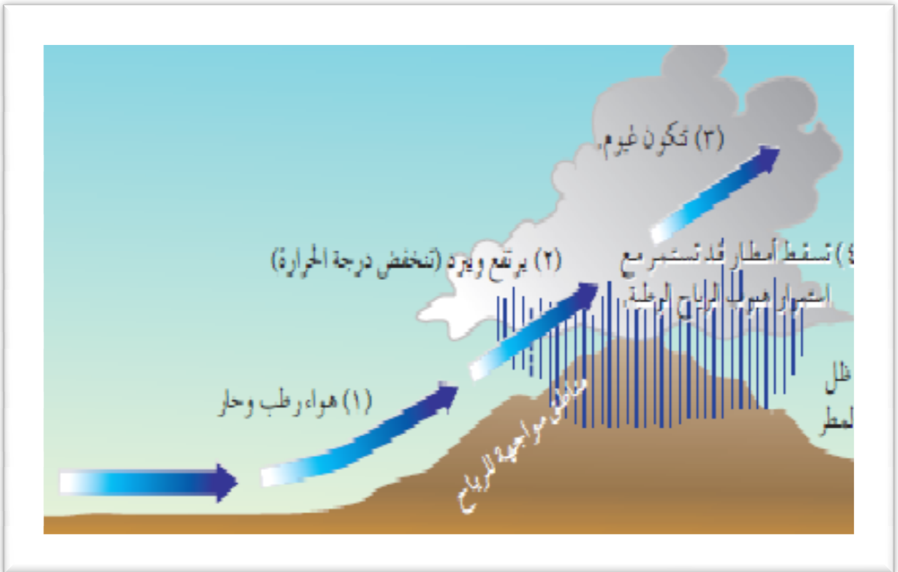
مخطط سحابة عاصفة رعدية منفردة.

1- Barry, R, G, and Chorley, R.J., (1998). Atmosphere, Weather and Climate. Op. Cit. p: 91

ثانياً: قوة الرفع التضاريسية

تعترض التضاريس (الجبال، المرتفعات، التلال) حركة الهواء الرطب وتسد الطريق أمامه فيرتفع للأعلى، ولذا يبرد ذاتياً بسبب التصاعد حتى تصل درجة حرارته لدرجة حرارة نقطة الندى، ويتكاثف بخار الماء ثم تنشأ بعد ذلك سحب الركام المزني. انظر شكل (7) الذي يوضح آلية الرفع التضاريسية.

وتبدو سحب العواصف الرعدية التضاريسية منتظمة على شكل حزم (شكل خطي) في اتجاه الرياح عند المستويات المنخفضة لذا تعرف بالعواصف الرعدية الخطية، وهي تشبه العواصف الرعدية الحملانية ــ الآنفة الذكر ــ لكون حدوثهما ينتشر بكثرة في العروض الوسطى والمنخفضة، وفي فترة ما بعد الظهيرة تنتظم تلك السحب على شكل عدة خلايا متواصلة Multicell Cluster كل مجموعة منها تبدو على هيئة خط من العواصف.[1]



إعداد الباحث باستخدام برمجية الرسام.

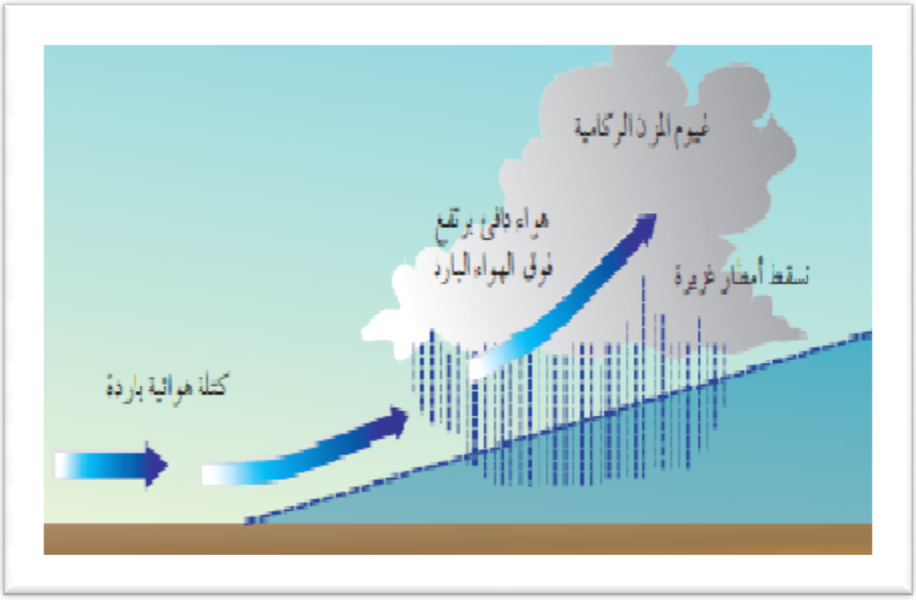
شكل رقم (7)

آلية الرفع التضاريسية

[1]- Barry, R, G, and Chorley, R.J., (1998) Op. Cit. p: 91

ثالثاً: قوة الرفع الجبهوية

تعمل هذه القوة على طول الجبهات الهوائية وخاصة الباردة، وتنتج عن التقاء كتلتين هوائيتين إحداهما حارة والأخرى باردة، وبما أن الهواء الحار أقل كثافة وأقل وزناً يصعد للأعلى من خلال هبوط الهواء الأبرد (الأكثر كثافة) تحته رافعاً إياه للأعلى، وعند ذلك يبرد الهواء الدافئ ذاتيا بسبب التصاعد في منطقة الجبهة، فترتفع رطوبته النسبية تدريجياً حتى يتشبع، ويتكاثف بخار الماء لتتشكل سحب المزن الركامي، انظر إلى الشكل (8) الذي يوضح آلية الرفع الجبهوية.



إعداد الباحث باستخدام برمجية الرسام

شكل رقم (8)

آلية الرفع الجبهوية.

وتعرف سحب المزن الركامي التي تتكون بفعل هذه الآلية باسم سحب العواصف الرعدية الجبهوية، التي تتخذ في انتشارها امتداداً خطياً متواصلاً، بعرض يتراوح بين (20 - 100 كم) وطول يصل إلى عدة مئات من الكيلومترات.[1]

---

1 - علي موسى، العواصف الرعدية، ط 1 (مطبعة نينوى، دمشق: 2009) ص: 54.

ويمكن لسحب العواصف الرعدية أن تبدأ بالتشكل من مستوى قريب جداً من سطح الأرض ما بين 500 - 1000م تقريباً. وتكون سرعة حركة هواء السحب المتصاعد (الحركة الرأسية للهواء) دون (5 م/ث) عند مستوى الثلاث كيلو مترات الأولى القريبة من سطح الأرض، في حين تزداد سرعته مع الارتفاع لتبلغ نحو (20 - 25 م/ث) في الأجزاء الوسطى بين (3 - 8 كم) تقريباً، وتتناقص في الأجزاء العليا إلى حدود سرعة الأجزاء الدنيا من السحب.(1)

وكما أسلفنا يجب أن لا تقل درجة حرارة نقطة الندى *Dew Point للهواء الرطب المرتفع عن 10 م° حتى تنشط عملية التكاثف، وتتحرر كميات كبيرة من الطاقة تمنح السحابة الأوليـــة قـــوة صعـــود إضافـــية ليزداد نموها الرأسي ولتكتمل السحابة الركامية المزنية العاصفية الرعدية.

وإذا كان لا بدّ من توفر هواء حار رطب وغير مستقر لتشكل سحابة العاصفة الرعدية، فإنّه من الضروري أيضاً أن تكون سماكة السحابة كبيرة بين مستوى التكاثف (قاعدة السحابة) ومستوى التجمد، بحيث لا تقل السمـــاكة عن 3000 م. وهذا مؤشر على أهمية حرارة التكاثف في نمو السحابة وفي فعاليتها.(2)

2.2.2 نماذج سحب العواصف الرعدية:

تختلف سحب العواصف الرعدية من حيث إمتدادها الأفقي والرأسي، وتبعاً لذلك تختلف فعالية الظروف الجوية المصاحبة لها، وعليه يمكن تصنيفها إلى نماذج عدة بناءً على مجموعة من الأسس كما يلي:

---

1 - المرجع السابق، ص: 55

* درجة حرارة نقطة الندى Dew Point : هي درجة الحرارة التي يحدث عندها تكاثف بخار الماء الموجود بالجو، ويطلق عليها درجة حرارة التكاثف Condensation temperature.

2- Trewartha, G. T; (1954) an Introduction to Climate. Mc Graw-Hill Book Company, Inc, New York, P. 211

أولاً: على أساس طبيعة الكتل الهوائية التي تتشكل فيها، ويمكن أن نميز بين نوعين رئيسين هما:[1]

1- سحب عواصف الكتل الهوائية Air – Mass Types: وهي السحب التي تتشكل في كتلة هوائية واحدة متجانسة نسبياً، أصابها عدم الاستقرار من قاعدتها. ويميز فيها بين أنواع ثلاثة هي:

أ- سحب العواصف الرعدية الحرارية: وهي ما تدعى بالسحب الحملانية أو السحب المحلية وهي الأكثر شيوعاً، ومثل هذه السحب تتشكل إما بفعل التسخين المحلي الشديد لسطح الأرض ومن ثم حركة الهواء فوقه حملانياً أو شرطياً - وهي الأقل - بفعل تحرك كتلة هوائية رطبة باردة سطحية فوق سطح حار نسبياً، كأن يكوِّن ذاك السطح تيارات محيطية دافئة أو بحيرة كبيرة أو غير ذلك.

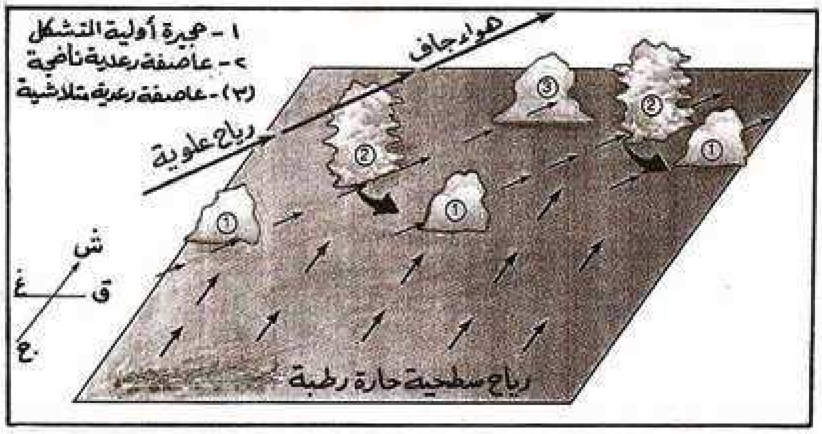
ب- سحب العواصف الرعدية التضاريسية وتم تناولها سابقاً بشكل مفصل.

ج- سحب العواصف الرعدية التأفقية Advective Thunder Storms:

وتتشكل هذه العواصف نتيجة انتقال هواء حار رطب أفقياً في المستويات المنخفضة القريبة من سطح الأرض، وهواء بارد في المستويات العليا من الجو التروبوسفيري. وإذا كان التباين الحراري كبيراً بين الهوائين السفلي الحار والعلوي البارد، يتولد حالة عدم استقرار جوي شديدة في الهواء السفلي الحار، ومن ثم حركات هوائية حملانية شديدة تقود إلى تشكل عواصف رعدية عنيفة. ومثل هذا الوضع يقوى نهاراً بعد الظهر بفعل التسخين المحلي، خاصة وأن مثل هذه الأوضاع تحدث كثيراً في الفصول الانتقالية لا سيما في فصل الربيع، انظر شكل (9) الذي يبين تشكل العواصف الرعدية متعددة الخلايا.[2]

1 - علي موسى، العواصف الرعدية، مرجع سابق، ص- ص: 56 – 58.

2- المرجع السابق ص: 59.



المصدر: علي موسى، 2009.

شكل (9)

تشكل العواصف الرعدية متعددة الحجيرات (الخلايا) التي تتحرك إلى يمين الرياح العلوية.

ثانياً: سحب العواصف الرعدية الجبهوية

ويمكن أن يميز فيها بين ثلاثة أنواع هي:

أ- سحب الجبهة الباردة الرعدية: هي الأعنف وقد توازي في عنفها السحب الرعدية الحرارية الحملانية.

ب- سحب العواصف الرعدية ما قبل الجبهوية (Prefrontal Thunder Storms):

تتشكل هذه السحب في مقدمة الجبهة الباردة، متقدمة عليها نحو (300 - 450 كم) وتتمتد على شكل خطوط موازية للجبهة، وأكثر ما تكون في ساعات ما بعد الظهيرة وساعات المساء الأولى.[1]

ج- سحب الجبهة الحارة الرعدية: لا تلازم هذه السحب الجبهات الحارة بشكل دائم، غير أنه في المنخفضات الجوية الجبهوية العميقة والشديدة الفعالية، يمكن للسحب الرعدية أن ترافق الجبهة الحارة، وهي بالتأكيد عندئذ سترافق الجبهة الباردة، وبعنف أكبر وفعالية أكثر، ورغم ذلك ليست كل الجبهات الهوائية المشكلة للمنخفضات الجوية الجبهوية

1 – Trewartha, G. T; an Introduction to Climate. Op. Cit, P: 217

ستترافق بسحب رعدية وحتى الباردة منها، إذ لابد للمنخفض الجبهوي أن يكون عميقاً نسبياً وذو فعالية متوسطة أو كبيرة لتتوفر إمكانية تشكل السحب الرعدية.[1]

ثالثاً: على أساس امتدادها الأفقي والشاقولي نميز فيها نوعين:[2]

1- سحب ذات امتداد أفقي قليل دون 10 كم وامتداد شاقولي كبير: وتكون ناتجة عن حركات الصعود الحملانية للهواء، بفعل التسخين البقعي الشديد لسطح الأرض وهي ذات صفة محلية؛ لذا تسمى بالسحب الرعدية المحلية (Local Heat Thunderstorms).

2- سحب ذات امتداد أفقي أكثر من 10 كم وشاقولي كبيرين: وأكثر ما تكون هذه السحب مرافقة للجبهات الباردة، وكذلك سحب العواصف الرعدية التضاريسية.

رابعاً: على أساس عنف العواصف الرعدية وهي أربعة أنواع:[3]

1- عواصف رعدية شديدة العنف: وهي تلك التي ترافق أعاصير التورنادو، والأعاصير المدارية الشديدة العنف.

2- عواصف رعدية عنيفة: وهي سحب العواصف التي يغلب عليها الطابع المحلي البقعي، وتلك التي تتشكل على طول الجبهات الباردة في المنخفضات الجوية الجبهوية شديدة الفاعلية، وفي الأجواء ذات عدم الاستقرار الشديد التي يقترن فيها التسخين السطحي الشديد مع حرارة الهواء السطحية التآفقية، ووجود حوضاً هوائياً بارداً في الجزء العلوي من التروبوسفير.

3- عواصف رعدية متوسطة الشدة: وتتشكل سحب هذه العواصف عادة على طول الجبهات الحارة في المنخفضات الجبهوية ذات الفاعلية الكبيرة. وعلى طول الجبهات الباردة في المنخفضات متوسطة الفاعلية، وكذلك فإن الغالبية من سحب العواصف الرعدية التضاريسية من هذا النوع.

1- علي موسى، العواصف الرعدية، مرجع سابق ص- ص: 58- 59.

2- المرجع السابق، ص: 59-61.

3- المرجع السابق، ص – ص: 54-55.

4- عواصف رعدية ضعيفة: تتمثل في تلك السحب التي بالكاد يحدث فيها البرق الخافت، الذي يندر أن يصحبه رعداً، نظراً لكون الحرارة المتولدة على طول مسار البرق لا تتجاوز 5000 مْ كما يندر هطول البرد منها وأمطارها قليلة الغزارة نسبياً.

3.2 دورة حياة العاصفة الرعدية:

لكي تتكون عاصفة رعدية لابد من توافر تيارات مُحمّلة ببخار الماء من السطح Moisture Supply وأن يكون هناك رفع للهواء الرطب في الغلاف الجوي كما أشرنا سابقاً، وتنمو في مثل هذه الظروف السحب الركامية إلى ارتفاعات كبيرة، مولدة تيارات صاعدة عنيفة ومنتجة مطراً غزيراً وبرقاً وبرداً.

ويسبق تكوّن العاصفة الرعدية بعض المؤشرات التي تدّل عليها، وهي مرحلة قبيل تطورها؛ إذ يكون خلالها الجو فـــي الصباح – بعد شروق الشمس بأكثر من ساعتين– حاراً رطباً، ومـــا أن تشتد الحرارة ارتفاعاً لتصل إلى أقصاها في ساعات بعد الظهيرة بقليل، حتى تظهر بوادر تطور السحابة الرعدية، وإنّ الارتفاع الشديد في درجة حرارة ما قبل الظهيرة ورطوبة الهواء مؤشران هامان على أن العاصفة الرعدية ستتشكل قريباً.

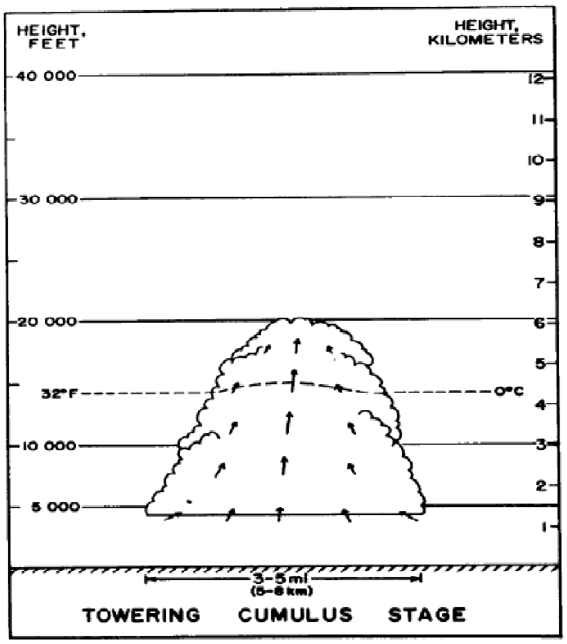
وعامة تمر جميع العواصف الرعدية بغض النظر عن نوعها، بثلاث مراحل نمو رئيسة، مشكلة بذلك دورة حياة العاصفة من بداية ولادتها إلى أن تتلاشى وتنتهي وهذه المراحل هي:

أولاً: مرحلة التكون cumulus stage

تعرف مرحلة التكون (النشوء) Developping بالكومولوس وهي تتصف بوجود تيارات هوائية صاعدة نحو الأعلى خلال معظم الخلية الرعدية، تصل سرعتها إلى حوالي 17 م/ث، وتحمل معها بخار الماء والشوائب إلى ارتفاعات عالية، انظر شكل (10) الذي يبين تطور هذه المرحلة التي تسيطر خلالها حركات الهواء التصاعدية سيطرة تامة ضمن

الخلية، والجزء الأكبر من هواء الخلية السحابية يأتي من جهة سطح الأرض —قاعدة الخلية— ويتدفق جزء آخر من جوانبها.(1)

وتتراوح مدة هذه المرحلة بين 10 - 15 دقيقة كما تتزايد فيها سرعة الهواء المتصاعد؛ ونتيجة لهذه السرعة فإنّ قطرات الماء تحمل إلى أعلى فوق مستوى التجمد، حيث يترافق ذلك بنمو مكونات السحابة المائية، وعندما تصبح أحجام تلك المكونات كبيرة بشكل كاف، بحيث يصبح وزنها كبيراً ويعجز الهواء الصاعد عن حملها معه، فإنها تهبط للأسفل تحت تأثير ثقلها، لتشد معها أثناء هبوطها جزءً من هـــواء الخلية، مجبرة إياه على البدء بالهبوط، لتدخل الخلية في بداية مرحلة النضج.(2)



المصدر: Charles A. D 1985

شكل رقم (10)

المرحلة الأولى لتكون العاصفة الرعدية (التكون)

1- Charles A. D., (1985) Storm Scale Analysis, Environmental Sciences Group. Colorado, P22.

2 - علي موسى، العواصف والأعاصير، مرجع سابق، ص: 85.

ثانياً: مرحلة النضج mature stage

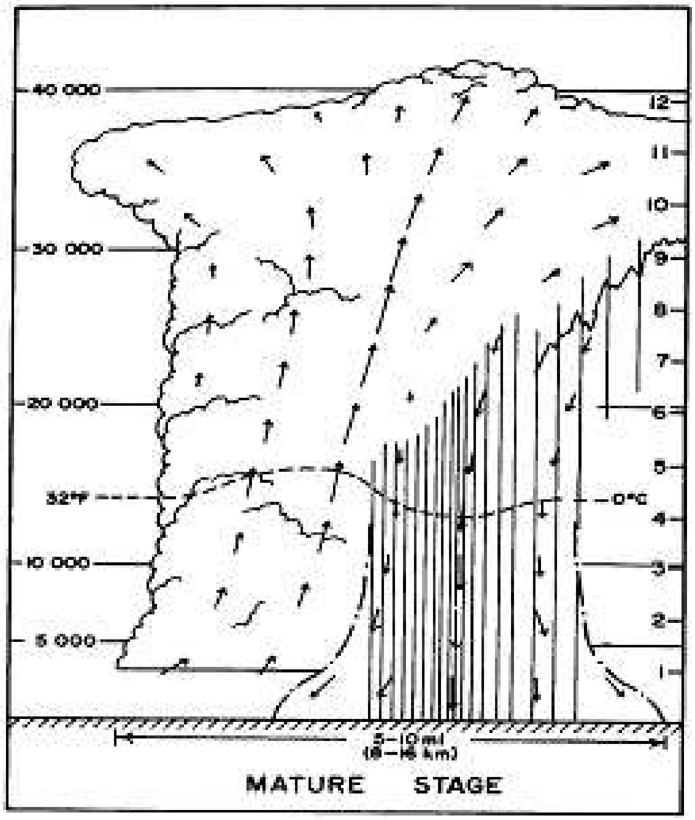
تتراوح مدة هذه المرحلة بين 15 – 30 دقيقة فقط، وتبلغ فيها السحابة الرعدية قمة حالة عدم الاستقرار الجوي، حيث تصل أقصى درجات فاعليتها الكهربائية والمائية، وتكون سرعة التيارات الصاعدة فيها نحـــو 25 م/ث والتيارات الهابطة نحو 10 م/ث، انظر الشكل (11) الذي يبين نمو هذه المرحلة.[1]

ويبلغ الحد العلوي للسحابة ارتفاع يتراوح بين 10 – 15 كم تقريباً، وتصل أحياناً إلى ارتفاع 18 كم كما في المناطق الإستوائية. حيث تبدأ التيارات الهوائية الصاعدة عند هذه الارتفاعات بالخمود، وتتكون البلورات الجليدية التي تبدأ بالسقوط عبر السحابة إلى الأسفل ساحبة معها كمية من الهواء البارد، وفيها تأخذ الحركات الهوائية الهابطة ضمن الخلية بالتسارع، ويأخذ الهواء الهابط مع قطرات الماء الهاطلة بالتبرد نتيجة تبخر جزء من الهطول، ليصبح أثقل من الهواء خارج الخلية، مما يكسبه مزيداً من التسارع وتبدو الحركات الهابطة أكثر تركيزاً في أطراف الحجيرة وأسفلها.[2]

ويتسبب الهواء الصاعد القوي في حدوث انفصال قطرات الماء المتعادلة؛ مما يجعل الفاعلية الكهربائية عالية الشده، حيث يؤدي ذلك لفصل كل قطرة إلى جزأين مختلفين في الشحنة الكهربائية، فيحمل التيار الصاعد القطيرات ذات الشحنة السالبة قرب قاعدة السحابة، ومع زيادة تراكم الشحنات الكهربائية يحدث التفريغ الكهربائي (البرق) ثم يتبعه الرعد، ويحمل التيار الهوائي الهابط بعض مكونات السحابة من برد وبلورات جليدية وقطرات ماء تصل إلى سطح الأرض وتصطدم به؛ مسببة نفحة من الهواء تسبق عملية الهطول وتعتبر بشيراً له، وهي تعرف بالهبة الأولى، ويتميز الهطول باحتوائه على أنواع مختلفة (ماء، برد، ثلج) وبكميات كبيرة وغزارة شديدة، وقد قدّر معدل المحتوى المائي في

1- Charles A. D. Op. Cit. p: 23
2- Ahrens, C.D; "Meteorology Today". West Publishing Company, New York, 5th ed, 1994, p: 396

خلية رعدية تمر – في مرحلة النضج – نصف قطرها 3 كم وارتفاعها 6 كم بنحو نصف مليون طن من الماء والبرد، وكأنّ هذه الخلية جزء من جبل من حيث الشكل والثقل.[1]



المصدر: Charles A. D, 1985

شكل رقم (11)

المرحلة الثانية لتكون العاصفة الرعدية (مرحلة النضج).

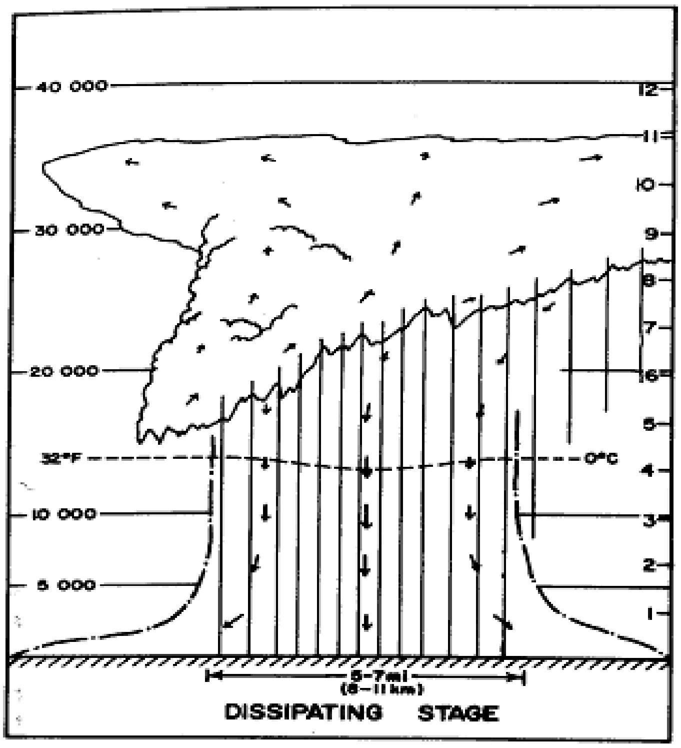
ثالثاً: مرحلة الاضمحلال او التلاشي Decay stage

تعرف هذه المرحلة باسم الطور السندلي؛ إذ يتكون في أعلى السحابة جزء على شكل السندان Anvil shaped في اتجاه الرياح العليا السائدة، وتضعف التيارات الصاعدة وتسيطر التيارات الهوائية الهابطة على معظم أجزاء السحابة، كما تتداخل التيارات الهابطة مع التيارات الصاعدة في المستويات المنخفضة من السحابة، الأمر الذي يؤدي الى قطع التيارات الصاعدة، وهنا تدخل الخلية مرحلة التبدد والتلاشي، وباستمرار تناقص التيارات

1- حسن أبو العينين، اصول الجغرافية المناخية، مرجع سابق، ص– ص: 298- 299.

الصاعدة وتفريغ السحابة من مكوناتها التي تسقط على شكل هطول، تنتهي عملية التفريغ الكهربائي فيتوقف البرق والرعد، وتنتهي فعالية السحابة وتتلاشى خطورتها، انظر إلى الشكل (12) الذي يبين آلية هذه المرحلة.[1]

ويعود الجو في نهاية مرحلة التلاشي للاستقرار مرّة أخرى، أي تعود درجة حرارة الخلية إلى ما يقارب درجة حرارة الهواء المحيط بها. وعند سطح الأرض تختفي كافة دلالات العاصفة الرعدية، وتتوقف التيارات الهابطة، وعادة تتراوح مدة هذه المرحلة بين 30 - 50 دقيقة تقريباً.[2]



المصدر: Charles A. D, 1985

شكل رقم (12)

المرحلة الأخيرة (الاضمحلال أو التلاشي)

1- Kesslier, E, 1969: On the Distribution and Continuity of Water Substance In Atmospheric Circulation. Meteor. Monogr. 10, N0. 32. Amer. Meteor. Soc, Boston, M A. P: 47.

2 - حسن ابو العينين، أصول الجغرافيا المناخية، مرجع سابق،ص: 299.

4.2 انواع العواصف الرعدية

تتكون خلايا العواصــف الرعدية (الخلايا الحملية) أو مــا تسمى بدوامـــات الحمـــل Convective Cells من خلية رعدية واحدة أو أكثر، وهي متشابهة في تركيبها وسلوكها، وفي أغلب الأحيان تكون السحابة مؤلفة من عدة خلايا في مراحل متعددة للتطور، وفي أحيان أخرى تكون عبارة عن خلية واحدة منفردة. وبناءً على ذلك يمكن تصنيف العواصف من حيث عدد الخلايا على النحو التالي:

أولاً: العواصف الرعدية وحيدة الخلية Single Cell thunderstorm

ويطلق على هذا النوع اسم العواصف الرعدية الفردية أو البقعية؛ لأنها تتطور ضن بقعة محلية محدودة المساحة خلال فترة ما بعد الظهر شديدة الحرارة وعندما يبلغ تسخين سطح الأرض أشدّه، تنشط حركة التيارات الهوائية الصاعدة وتتكون السحب الركامية.[1]

ثانيا: العواصف الرعدية متعددة الخلايا Multi Cell Lines

تأخذ العواصف الرعدية في بقاع كثيرة من العالم هيئة خطوط متواصلة، يصل طولها مئات من الكيلومترات تتحرك بسرعة عالية، ويمتد على طولها سلسلة من السحب الرعدية؛ بسبب استمرار قوة الرفع الشديدة للهواء الرطب على طول هذا الخط، حيث تنمو وتتطور الخلايا الرعدية الفردية بالتتابع، وعلى الرّغم من أنّ كل خلية تمتلك دورة حياة خاصة، إلاّ أنّ التطور المنتظم للخلايا الجديدة يولد عاصفة ذات عمر طويل، تمتد على طول خط يتحرك مسايراً وجهة الرياح السائدة، يعرف بخط العواصف.[2]

ويميل هذا النوع من العواصف لأن يكون أكثر عنفاً وشدة من العواصف الرعدية الفردية، فعند وصوله تشتد سرعة الرياح لتصل نحو 160 كم/ الساعة. وعادة ما يشار إلى العواصف متعددة الخلايا بالاضطرابات متوسطة الحجم؛ لأنّ حجمها يكون وسطا بين

1 - علي موسى، العواصف والاعاصير، مرجع سابق، ص: 96.

2- ر، ر، رجيرز، فيزياء السحب، ترجمة محي الدين عباس وآخرون، (جامعة المستنصرية، بغداد: د.ت) ص: 212.

كتل سحب العواصف الفردية مقياس 10 كم، والأعاصير مقياس 1000 كم، وتترافق بهطول أمطار غزيرة جدا ورعد وبرق يغطي المساحة الكبيرة التي تمر فيها العواصف.[1]

5.2 كهرباء العواصف الرعدية Thunderstorm Electricity:

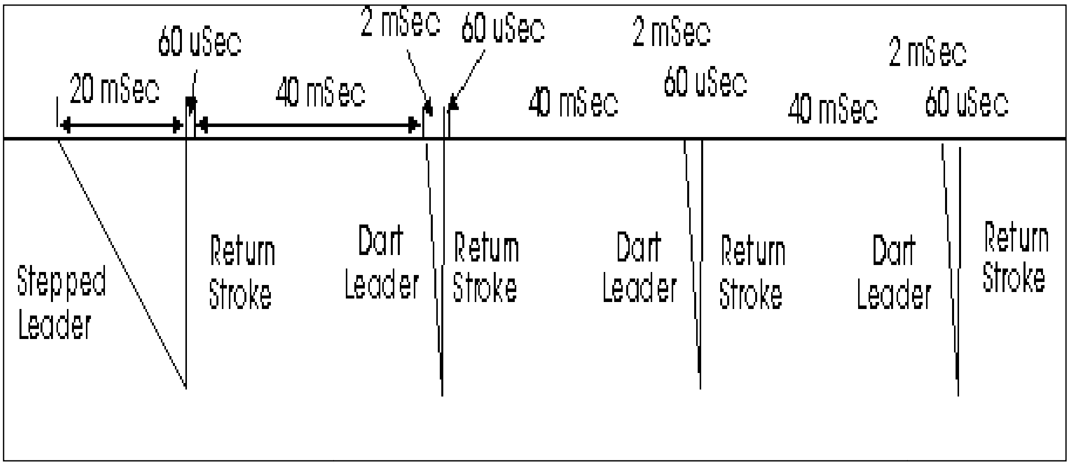
يعدّ البرق والصواعق الجوية من أكثر الظواهر الجوية شيوعاً وأسوأها تهديداً، إذ يودي بحياة مئات الأشخاص سنوياً، فضلاً عن مئات الاصابات وحالات العجز الدائم، ناهيك عما يسببه من حرائق للغابات وآثار بيئية مختلفة، كما أنّ دراسته من أصعب الدراسات وأكثرها تعقيداً؛ لأن زمن المراحل التي تشكل ومضة البرق من مرتبة المايكرو ثانية – جزء من المليون ثانية – وهذه الفترة قصيرة جداً، مما يجعل إدراكها ودراستها أمراً صعباً.

وقد بقيت ظاهرة البرق حدثاً مخيفاً ومحيِّراً للعلماء على مدى قرون طويلة، لذلك نُسج حول منشأه وتأثيراته الكثير من الأساطير والخرافات، إلى أن تمكن العلماء خلال النصف الثاني من القرن الماضي ومطلع القرن الحالي، وبفضل التصوير فائق السرعة والمعالجة الرقمية للبيانات، من فهم واعٍ لحقيقة هذه الظاهرة، كما اثبتوا أن ومضة البرق الواحدة تتألف من عدة ضربات، وكل ضربة تتألف من عدة مراحل أو أطوار. وتم قياس الأزمنة لكل مرحلة بدقة كبيرة، وعليه أمكن تلخيص مراحل ومضة البرق وزمنها النموذجي كما في الشكل (13) الذي يبين مخطط المراحل الزمنية لومضة البرق.

يقدّر الباحثون حدوث نحو مئة وميض برقي في كل ثانية أيّ 8.6 مليون وميض يومياً، تنتج عن شحن مكونات السحب من قطرات الماء وبلورات الثلج وحبات البرد والهواء المحيط بها بالكهرباء، وتتزايد حتى لا يستطيع الهواء عزلها فيحدث التفريغ الكهربائي للشحنات المختلفة داخل السحابة نفسها، أو بين السحابة وسحابة أخرى، او بين السحابة والأرض، ويعتمد ذلك على مكان وجود الشحنات الموجبة والسالبة، ومع ذلك فإنّ جميع ضربات البرق متشابهة من حيث زمنها وآلية حدوثها، والشكل (14) صورة

1- علي موسى، العواصف والأعاصير، مرجع سابق، ص: 97.

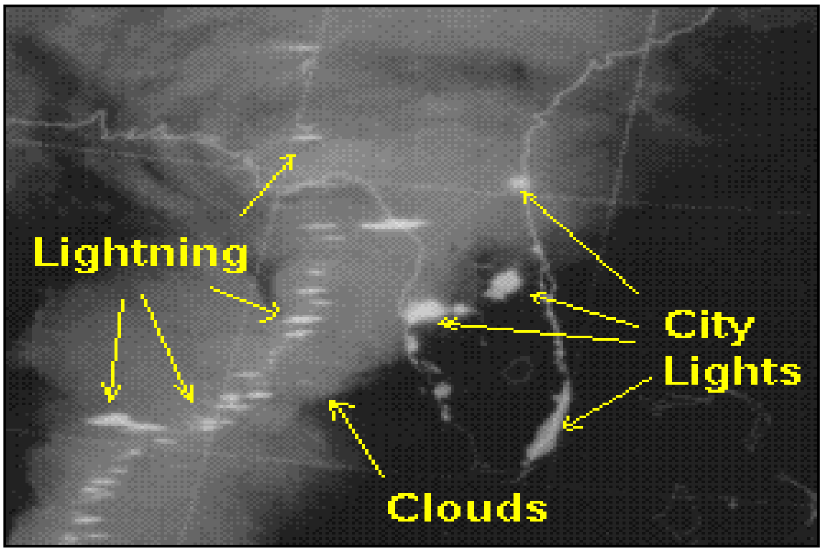
لومضات البرق ملتقطة بواسطة قمر صناعي، ويلاحظ أن ضربات البرق متعددة وبشكل دائم على مدار الساعة، والومضات المتدرجة على يسار الصورة هي ضربات برق تحدث في اللحظة نفسها،[1] وسنناقش في الموضوع التالي آلية ومراحل حدوث البرق.



المصدر: http://www.lightningeliminators.com/Lightning%20101/lightning_glossary.htm. 2Oct, 2008

شكل رقم (13)

مخطط المراحل الزمنية لومضة البرق



المصدر: www.nasa.com. 2Oct, 2008

شكل رقم (14)

صورة ومضات برق ملتقطة بواسطة قمر صناعي

1- Uman, M. A; (1984) Lightning, Courier Dover Publication, New York, p:43

1.5.2 آلية تشكل البرق

كما هو معلوم من قوانين الكهرباء عندما تلتقي شحنتان متعاكستان (– ، +) ينتج عن التقائهما ومضة أو شرارة كهربائية، وببساطة هذا ما يحدث لتشكل البرق.

تعدّ السحب الرعدية هي البيئة المناسبة لتشكل البرق، حيث تكون ممتلئة بالحقول الكهربائية؛ نتيجة لتحرك التيارات الهوائية العنيفة باتجاه الأعلى والأسفل داخل السحابة، ويؤدي تصادم مكوناتها إلى توليد احتكاك يشحن تلك الأجزاء بالكهرباء الساكنة، فتعمل الجاذبية الأرضية على شدها للأسفل من خلال الهواء، لتمر بما يصغرها من قطرات الماء وبلورات الجليد وحبات البرد التي تبقى معلقة في الهواء.(1)

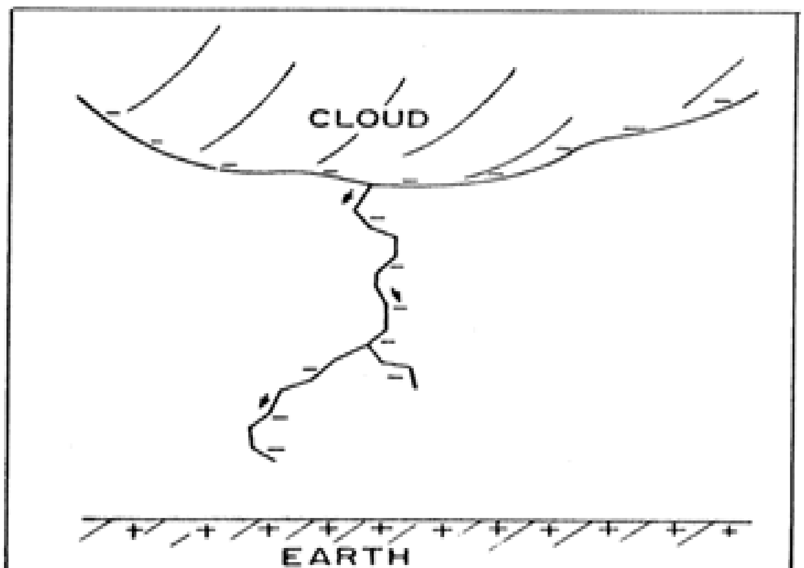
وتؤدي التصادمات بين الجسيمات الكبيرة والصغيرة من قطرات الماء وبلورات الجليد وحبات البرد، إلى نقل شحنة سالبة إلى الجسيمات الهاطلة، كما تنتقل بموجب مبدأ انخفاض الشحنة، شحنة موجبة إلى الجسيمات الصغيرة المعلقة في أعلى السحابة، مما يجعل الجزء السفلي من السحابة ذو شحنة سالبة والجزء العلوي منها ذو شحنة موجبة، وتكون كثافة الشحنات الموجبة في الطبقة العليا أقل من كثافة الشحنات السالبة في الطبقة السفلى من السحابة. وتمتد الشحنات الكهربائية عمودياً بضعة كيلومترات بمقدار ارتفاع السحابة نفسها، وفي مقابل ذلك تكون المنطقة السفلية الموجبة الشحنة من الصغر بحيث تهيمن الشحنة الرئيسية السالبة في السحابة.(2)

وبعد أن تصبح السحابة الرعدية مشحونة إلى الحد الذي يجعل الحقل الكهربائي بين السحابة والأرض يتعدى قدرة العازل الموضعية في الجو (وهو مقدرة الجو على تحمل انفصال الشحنات الكهربائية)، ويكون الحقل الكهربائي في تلك اللحظة قريبـــــاً من مرتبة مليــــون فولت/م ينطلق شعاع باتجاه الأرض، وهذا الشعاع هو أول مرحلة من

1- Herbert Riehl, Introduction to the Atmosphere, Op, Cit, p; 120.
2- Ahrens, C, D., (1985) Meterology Today, West Publishing Company, 2th Ed. P: 398.

مراحل البرق، حيث تبدأ شحنة سالبة دقيقة تدعى القائد Step-Leader بالانطلاق من السحابة باتجاه الأرض على خطوات طول كل منها 50 م بزمن 1 مايكرو ثانية، ويتفرع هذا الشعاع إلى فروع عدة ويحمل بحدود 100 مليون فولت، ويأخذ فترة توقف بين الخطوة والأخرى مقدارها 50 مايكرو ثانية ويبقى متقدماً حتى يجد هدفاً يصطدم به، وإلا فيرجع ويعيد الكرة مرة أخرى[1]، انظر الشكل (15) الذي يبين المرحلة الأولى لإنطلاق البرق.

وعندما يصل هذا الشعاع إلى الأرض وبفعل الحقل السالب الذي يحيط به، يجذب إليه الشحنات الموجبة الموجودة بالقرب من السطح، وتتحرك هذه الشحنات الموجبة باتجاهه وتصطدم به على ارتفاع عشرات الأمتار عن السطح تقريباً، وتتشكّل قناة اتصال بين السحابة والأرض، ثم يبدأ تدفق الشحنة السالبة من السحابة باتجاه الأرض، وذلك على طول القناة التي أسسها الشعاع القائد[2].



المصدر: Feynman et al, 1964

شكل رقم (15)

المرحلة الأولى لانطلاق البرق (الشعاع القائد)

1- Uman, M.A, Ligthtning. Op. Cit, p: 8.
2- Charles A. D., Op. Cit, p: 196

وفي الخطوة الأخيرة التي تعرف بالضربة الراجعة Return Stroke تنهار عازلية الهواء ويصبح ناقلاً للكهرباء، فيتولد تيار كهربائي قوي ينير على شـــكل ومضة باتجاه الأعلى (من الأرض باتجاه السحابة) حيث تتحول الطاقة الالكتروستاتيكية (طاقة الكهرباء الساكنة) للشحنة المتراكمة إلى طاقة كهرومغناطيسية، وهي الوميض المرئي أو ما يدعى بطور الرجوع، والضربة الراجعة هي ما نراه فعلاً لأن معظم الضوء يتولد عنها،[1] انظر الشكل (16) الذي يبين الضربة الراجعة.

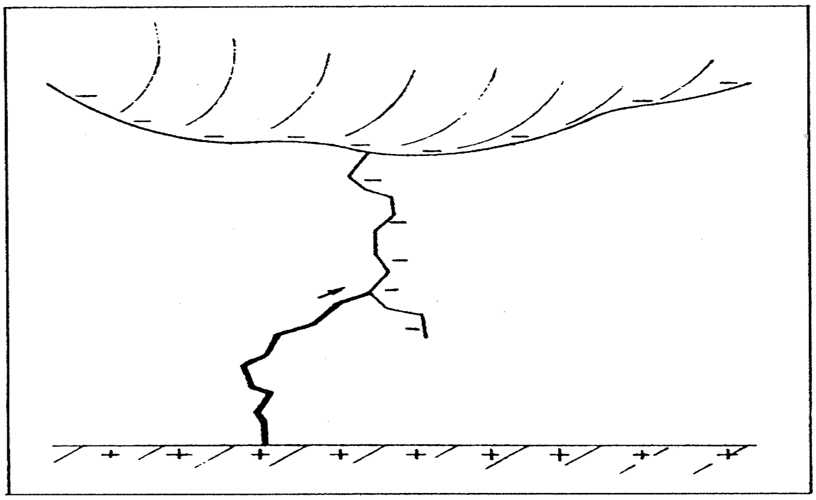
وتستغرق الضربة الراجعة أقل من 100 مايكرو/ ثانية، والتيار الكهربائي الراجع يقدر بنحو 30 ألف أمبير تقريباً، وبعد ذلك تمر فترة توقف مدتها تتراوح بين 20 إلى 50 ميلي ثانية، ثم تتكرر هذه العملية من جديد باستخدام نفس القناة التي تم تأسيسها سابقا وهكذا لعدة ضربات.[2]

وتكون ومضة البرق مفردة أو متعددة حسب كمية الشحنات المتوفرة بين السحابة والأرض، وحسب الظروف الجوية السائدة، وقد يصل عددها إلى عشر ضربات متتالية وسريعة، ولكننا نراها ومضة برق واحدة ولا ندرك مرور ورجوع البرق بأعيننا وقد يحدث العكس أحياناً، فتأتي الشحنة الموجبة من السحابة باتجاه الشحنة السالبة للأرض، وتتولد الومضة الموجبة وهذه تكون وحيدة وعنيفة ولا يتبعها ضربات أخرى.[3]

1- عبدالدايم الكحيل، ظواهر كونية بين العلم والإيمان، ط 1 (المجلس الوطني للاعلام، دبي: 2008) ص: 37.

2- Ahrens, C, D. 1985. Op. Cit. P:390

3- عبدالدايم الكحيل، ظواهر كونية، مرجع سابق، ص: 38.



المصدر: Feynman et al, 1964

شكل رقم (16)

رسم يوضح الضربة الراجعة للبرق

2.5.2 أنواع البرق

يمكن للبرق أن يضرب في أي مكان على سطح الأرض أو في السماء، كما أنّه يحدث على عدة أنواع، ومع ذلك فجميع ضرباته متشابهة من حيث آلية حدوثها وزمنها، إلاّ أنّها تختلف حسب مكان وجود الشحنتين الموجبة والسالبة، ويمكن تصنيف البرق بناءً على مكان التقاء الشحنات الموجبة والسالبة إلى الأنواع الاتية:

1- البرق الناتج عن التفريغ الكهربائي بين السحابة والأرض (الصاعقة)

تعدّ الصواعق Strikes أكثر أنواع البرق شيوعاً وأبلغها أهمية، حيث تكون قاعدة السحابة مشحونة شحنات سالبة، وسطح الأرض مشحون شحنات موجبة –كما أسلفنا في آلية تشكل البرق– فيحدث التفريغ الكهربائي عندما يصل فارق الجهد الكهربائي بين قاعدة السحابة وسطح الأرض إلى نحو 10000 فولت/سم، منطلقة الإلكترونات عبر قناة أو مجرى تجـــاه سطح الأرض، انظر شكل (17)، الذي يبين وميض برقي ناتج عن التفريغ الكهربائي بين السحابة والأرض (صاعقة). وقد تكون الصواعق شديدة أو ضعيفة أحياناً، وبعضها الآخر متوسط الشدة. أمّـــا من حيث الشكل الذي تبدو به الصاعقة وهي في

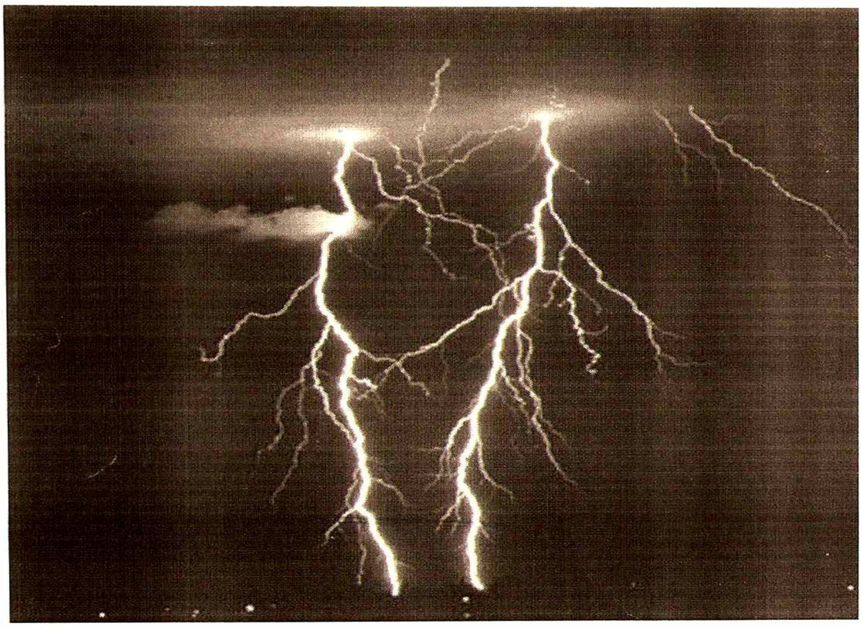
طريقها لضرب الأرض فهي أشكـــال البرق ذاتها؛ فمنها الصفيحي المتشعب والشريطي والخرزي، انظر شكل (18) الذي يبين أحد نماذج الصاعقة.[1]



المصدر: www.lightningphotographay.com.10, june, 2009

شكل رقم (17)

وميض برقي ناتج عن التفريغ الكهربائي بين السحابة والأرض



المصدر: علي موسى، 2009.

شكل (18)

نمـــــاذج الصـــاعقة

[1] – علي موسى العواصف الرعدية، مرجع سابق، ص: 105

2- البرق الناتج عن التفريغ الكهربائي بين سحابة وأخرى

ينشأ البرق (السحابي – السحابي) في حال حدوث فرق كبير في الجهد الكهربائي (الكمون) بين اسفل السحابة ذات الشحنة السالبة (–) وأعلى السحابة الثانية ذات الشحنة الموجبة (+) بحيث يصل الفرق في الجهد لنحـــو 10^9 فولت[*]، وعند اقتراب إحدى السحابتين من الأخرى تصطدم الشحنات المتعاكسة، فتنطلق الشحنات السالبة من أسفل السحابة الأولى باتجاه منطقة الشحنات الموجبة في السحابة الثانية، بشدة تصل على طول قناة التفريغ إلى عشرات الآلاف من الأمبيرات مولدة ومضات كهربائية هائلة (البرق السحابي - السحابي)[1]، انظر إلى الشكل (19) الذي يبيّن وميض برقي (سحابي – سحابي).



المصدر:www.lightningphotographay.com.10 june, 2009

شكل رقم (19)

وميض برقي ناتج عن تفريغ كهربائي بين سحابة وأخرى.

* هذا الفا ق في الجهد الكهربائي يزيد ألف مرة على فارق الجهد بين الأرض والحد السفلي من الإيونوسفير، الذي يؤمن التيارات الكهربائية الجوية للطقس الحسن.

1 - المرجع السابق، ص– ص: 85-86.

وكون الوسط الذي توجد فيه السحب الرعـــدية يمتلىء بالحقول الكهربائية، فإنّ احتمال تلامس الشحنات المتعاكسة (- ، +) والتقائهـــا كبير جـــداً؛ لذا يشكل البرق (السحابي – السحابي) حوالي 75 % من ومضات البرق التي تحدث في الغلاف الجوي.[1]

3- البرق الناتج عن التفريغ الكهربائي داخل السحابة ذاتها

يحدث البرق أحياناً ضمن سحابة واحدة، إذ تحمل أيّ سحابة رعدية شحنة موجبة في أحد طرفيها وشحنة سالبة في الطرف الآخر الأمر الذي يجعل بنيتها ثنائية القطب، وينتج البرق في هذه الحالة نتيجة حدوث فرق كبير في الجهد الكهربائي (الكمون) بين أسفل السحابة الرعدية ذات الشحنة السالبة (-) وأعـــلاها ذات الشحنة الموجبة (+)، ويترتب على ذلك تفريغ كهربائي، حيث تنطلق الشحنات السالبة من أسفل السحابة باتجاه منطقة الشحنات الموجبة في السحابة، بشدة كهربائية عالية على طول قناة التفريغ، مولدة الوميض البرقي الذي يضيء الأرض ولكنه لا يصل إليها.[2] انظر الشكل (20) الذي يبين البرق الناتج عن التفريغ الكهربائي السحابي.



المصدر: www.lightningphotographay.com.10, june, 2009

شكل (20)

البرق الناتج عن التفريغ الكهربائي داخل السحابة (السحابي)

---

1 - عبدالدايم الكحيل، ظواهر كونية، مرجع سابق، ص: 26.

2 - علي موسى، العواصف الرعدية، مرجع سابق، ص: 85.

4- البرق الناتج عن التفريغ الكهربائي بين السحابة والهواء المحيط بها

يحدث البرق (السحابي – الهوائي) بين السحابة ذات الشحنات المختلفة (– ، +) والهواء المحيط بها من أحد جوانبها الذي يحمل شحنة معاكسة. وعادة ما تكون السحابة مشحونة بشحنات موجبة في الجزء العلوي منها، ويكون الهواء المحيط بها مشحوناً بشحنات سالبة، وعندما يكون فرق الجهد الكهربائي بين شحنات السحابة والهواء كافياً يحدث التفريغ وينطلق شعاع البرق ليكمل الدائرة الكهربائية بين السحابة والهواء، ويعدّ هذا النوع من أنواع البرق قليل الملاحظة، وعلى الرغم من ذلك فقد تمّ حديثاً التقاط صور له.[1] انظر إلى الشكل (21) الذي يبين البرق الناتج عن التفريغ الكهربائي بين السحابة والهواء المحيط.



المصدر: www.lightningphotographay.com.10, june, 2009

شكل (21)

البرق الناتج عن التفريغ الكهربائي بين السحابة والهواء المحيط (سحابي – هوائي)

5- البرق الناتج عن التفريغ الكهربائي بين السحابة وطبقات الجو العليا:

يحدث البرق (السحابي – الجوي) نتيجة التفريغ الكهربائي بين الطبقات العليا في السحب الرعدية (المزن الركامي) وطبقة الأيونوسفير التي تحوي حقلاً كهربائياً بشكل

1 - المرجع السابق، ص: 90

دائم، بحيث تكون قمة السحابة مشحونة شحنة (– أو +) وقاعدة طبقة الأيونوسفير مشحونة شحنة معاكسة فيحدث التفريغ الكهرائي بينهما.[(1)]

وقد أمكن رؤية هذا النوع من البرق بواسطة أجهزة التصوير المثبته على الأقمار الصناعية، وتستمر ومضته عادة حتى عشرة أجزاء من الألف من الثانية، وهو لا يتخذ شكلاً خطياً أو متدرجاً، إنما أشكالاً عدة صنفها العلماء في أربعة أنواع هي: الأشباح الضوئية والشياطين الضوئية والنفثات الزرقاء وحوادث أشعة جاما.[(2)]

6.2 الرعـــــــد

يعدّ الهواء ناقلا ضعيفا للكهرباء، ولكن مقاومة مسار الهواء تُحطّم في الضربة الراجعة التي أشرنا إليها، ويصبح الهواء حاراً جداً حيث تصل درجة حرارته نحو 10,000درجة مئوية، فيتمدد بسرعة أكبر من سرعة الصوت وبهذا يتشكل امواج صوتية هائلة تُسمع بعد رؤية البرق، وهذا الصوت الهائل والمدوّي يسمى (بالرعد) الذي ينبعث من كافة فروع ومضة البرق في لحظة واحدة، فـــي حين نسمعه على فترات متتالية بسبب اختلاف أبعاد فروع البرق عن الأرض.[(3)]

يُرى لمعان البرق بشكل خاطف، وفي اللحظة التي يحدث فيها تفريغ البرق وينتشر ضوءه، يتمدد الهواء مشكلاً الرعد في وقت واحد. غير أن البرق يسير بسرعة الضوء 300 ألف كم/ث. في حين يسير الرعد بسرعة الصوت 330 م/ث. لذلك نسمع صوت الرعد بعد مشاهدة البرق وبفارق زمني يقدر بـــ 6 ثوان/ 2 كم من المسافة بين الموضع الذي تحدث فيه شرارة البرق والمكان الذي يوجد فيه المشاهد. [(4)]

1- Leslie Mullen, Three from the Blue, 1999. Retrieved 12 June. 2008, Available at http://www.nasa.gov.html.

2- Leslie Mullen, Spirits of Another Sort, 1999. Retrieved 14 June. 2008, Available at http://www.nasa.gov.html

3- محمد نجيب عبدالعظيم، علم المناخ المعاصر، ط 1 (جامعة الإسكندرية، 1998) ص:221.

4- Howard, J. Cirtchfield, General Climatology, N.J. (1966), P: 125.

ويمتاز الرعد عن البرق باستمراره عدة ثوان، بينما وميض البرق لا يستـــمر سوى أجزاء من الثانية تقدر بـــ 0.1 - 0.2 ثانية؛ لأنّ سرعة البرق كبيرة تقاس بالكيلومترات، بينما سرعة الصوت بالمقارنة مع سرعة البرق قليلة وتقاس بالأمتار، ويصل الصوت من قطاعات البرق المختلفة في لحظات مختلفة، كما أن الصوت ينعكس على السحب مكوناً الصدى.[1]

وبينما يرى البرق من مسافات بعيدة، فإنّ صوت الرعد لا يُسمع من مسافة تزيد على 25 كم من مكان وجود المشاهد للبرق الذي يُرى لمسافة أبعد من ذلك بكثير؛ والسبب في ذلك يعود إلـــى تأثير الهواء نفسه في إضعاف Attenuation أو تخامد Depletion انتقال الصوت، كما يعود أيضاً إلى بنية درجة حرارة الهواء التي تعمل على انعكاس الأمواج الصوتية نحو الأعلى بعيداً عن سطح الأرض، حيث تسود حالة تناقص درجة الحرارة بالارتفاع – كما يحدث في النهار - ويؤدي إلى انعكاس موجات الصوت نحو الأعلى فيختفي الصوت بعد مسافة قصيرة من انبعاثه.[2]

ومما سبق عرضه، نجد أنّ العواصف الرعديه تتشابه من حيث آلية تكونها وحدوثها في الغلاف الجوي، ومع ذلك فهي تختلف من حيث ظروفها السينوبتيكيه، لذا سنبحث في الفصل الثالث الظروف السينوبتيكية المؤدية لتشكل العواصف الرعدية في الأردن.

1- Henderson – Sellers A & Robinson, P. J; (1988) Contemporary Climatology. Longman, England, P: 146

2– محمد نجيب عبدالعظيم، علم المناخ المعاصر، مرجع سابق، ص– ص: 221–222.

الفصل الثالث

الظروف السينوبتيكية المؤدية لتشكل العواصف الرعدية في الأردن

- تمهـــيد

يتعرض الأردنّ للعواصف الرعدية نتيجة ظروف موقعه الجغرافي، وامتداد تضاريسه وتنوعها، وهذا الموقع جعله عرضة للمنخفضات الجويه التي تصل الحوض الشرقي للبحر المتوسط، والمنخفضات التي تتشكل في هذا الحوض، ومنخفضات البحر الأحمر، وتأثره بالمنخفضات الخماسينية التي تصل منطقة الشرق المتوسط قادمة من شمال إفريقيا وما يرتبط بها من حالات عدم استقرار جوي.

ومما سبق عرضه يمكن تقسيم الظروف السينوبتيكية المؤدية لتكون العواصف الرعدية المؤثرة على الأردنّ على النحو الآتي:

1.3 العواصف الرعدية المصاحبة للجبهات الباردة

تتطور بعض حالات عدم الاستقرار الجوي المصحوبة بالعواصف الرعدية نتيجة وقوع الأردنّ تحت تأثير الجبهات الباردة، خاصة إذا كانت تلك الجبهات مقترنة بأحواض علوية باردة Upper Through.

تتشكل الجبهة الباردة عندما يتقدم الهواء البارد باتجاه منطقه يسود فيها هواء دافئ، وكما هو معلوم فإنّ الهواء البارد أعلى كثافه من الهواء الدافئ، لذا يتغلغل أسفله ويجبره على الارتفاع للأعلى، مما يؤدي إلى تكاثف الرطوبة العالقة بالهواء الدافئ وتحولهـــا إلى سحب المـــزن الركامي، ويعرف الهطول الناتج عن هذه الحالة بالهطول الاعصاري والجبهوي Cyclonic and Frontal Precipitation.[(1)]

وعادة ما تتكرر هذه الحالة في مناطق الانخفاضات الجوية، كما هو الحال في منطقة حوض البحر المتوسط خلال فصل الشتاء، ومثل هذه الجبهات يصحبها حدوث تغيرات سريعة في عناصر الطقس المختلفه، وينتج عنها حالات عنيفة من عدم الاستقرار الجوي

[1] – علي البنا، أسس الجغرافية المناخية والنباتية، مرجع سابق، ص: 108-109.

بسبب التيارات الهوائية الشديدة، مما يؤدي إلى زيادة شدة وغزارة الهطول وتشكل البرق والرعد.[1]

ويبدأ تأثر الأردنّ بالجبهات الباردة ابتداءً من تشرين الأول، ثم يأخذ عددها بالزيادة والتعمق في فصل الشتاء، وعند اقتران هذه الجبهات باحواض علوية باردة فإنّ الأخيرة تعمل على نشوء خلايا مبعثره ضمن الجبهة، وتكوّن خلايا ذات نشاط تصاعدي بالغ القوة، قادرة على رفع كميات كبيرة من الهواء الرطب، مما يُنتج حالة عدم استقرار جوي عنيفة.[2]

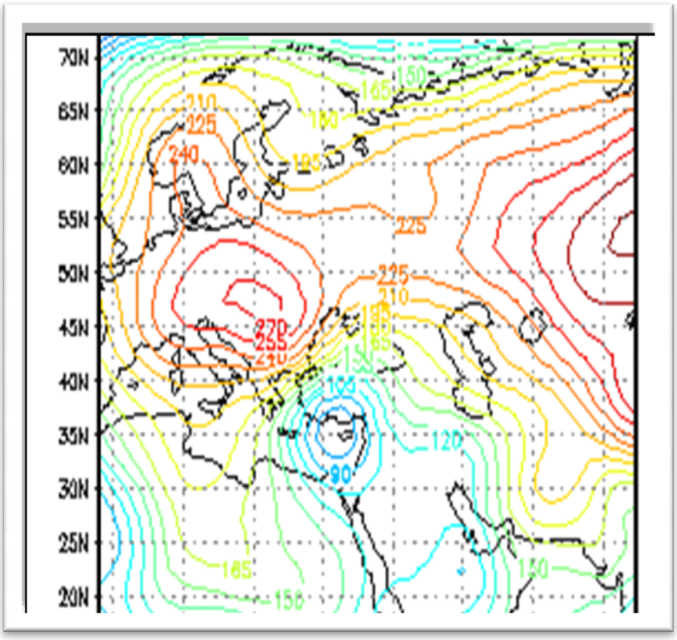
وتعدّ العواصف الرعدية المرافقة للجبهات الباردة من أكثر العواصف عنفاً، إذ يعمل الحوض العلوي البارد Cold Pool على زيادة عدم الاستقرار في الكتلة السطحية، مما ينعكس على قوة الهطول وغزارته.

ومن أبرز الأمثلة على حالات عدم الاستقرار الجوي المرافقة للجبهات الباردة، الحالة الجوية التي أثرت على الأردنّ يوم الخامس عشر من شباط 2007. حيث يلاحظ في الخريطة الجوية السطحية (13) أنّ الأردنّ وقع في هذا اليوم تحت تأثير جبهة هوائية باردة رطبة ونشطة مرافقة لمنخفض جوي سطحي كان يتمركز فوق جزيرة قبرص.

وقد ترافق المنخفض الجوي السطحي بوجود حوض علوي بارد في طبقات الجو العليا عند مستوى 500 ملليبار يتمركز شرق جزيرة قبرص، انظر الخريطة (14) وهي خريطة جوية علوية عند مستوى 500 ملليبار ليوم الخميس 15 شباط 2007.

[1] – فوار الموسى، الخصائص المناخية للحرارة والأمطار في منطقة شرقي البحر المتوسط، مرجع سابق، ص: 41.

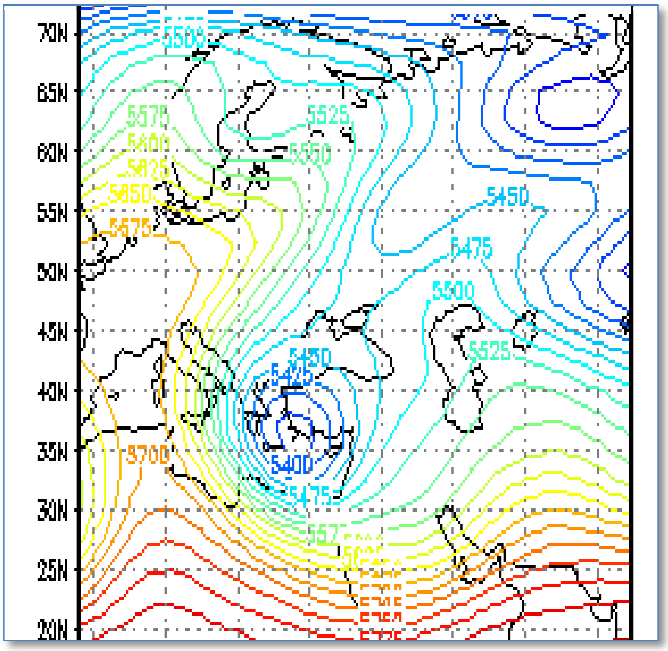
[2] – نعمان شحادة، مناخ الأردنّ،مرجع سابق، ص: 164.



المصدر: وكالة البحار والجو الأمريكية.[1]

خريطة رقم (13)

خريطة جوية سطحية ليوم الخميس 15 شباط 2007.



المصدر: وكالة البحار والجو الأمريكية.[2]

خريطة رقم (14)

خريطة جوية علوية عند مستوى 500 ملليبار ليوم الخميس 15 شباط 2007

1- Available at: hpp//www.cdc.noaa.gov/cdc/data.ncep.reanalysis.html.7 Oct 2008.
2-Ibid. 7 Oct 2008.

وقد كانت الجبهة الباردة شديدة الأثر، حيث هطلت الثلوج فوق المناطق المرتفعة التي زاد ارتفاعها عن 1200 م، وكانت الرياح شديدة وعاصفة في معظم المناطق، كما تدنت درجات الحرارة عن معدلها العام أكثر من 5 درجات مئوية، وانخفض الضغط الجوي بشكل حاد وهطلت كميات كبيرة من الأمطار، فقد سجلت محطة مطار عمان أعلى كمية هطول خلال هذا اليوم بلغ 38 ملم، وكان الهطول مصحوباً بالبرد والبرق والرعد، انظر للجدول (3) الذي يبيّن الحالة الجوية السطحية في أثناء تأثر الأردنّ بهذه الحالة.

جدول رقم (3)

حالة بعض عناصر الجو السطحية في بعض المحطات يوم 2007/2/15

المحطـــة	درجة الحرارة مºم	كمية الأمطار ملم	الرطوبة النسبية %
إربد	7.2	13.5	97
مطار عمان	7	38	95
الربة	7.5	18	96
المفرق	7.3	10.4	89
مطار العقبة	7.1	9	87

المصدر: دائرة الأرصاد الجوية الأردنّية يوم 2007/2/15.

يعطي الجدول السابق (3) صورة واضحة عن حجم التغيرات الجوية السطحية التي تصحب العواصف الرعدية المرافقة للجبهات الباردة، إذ يلاحظ منه أن كميات الأمطار الهاطلة خلال يوم 2007/2/15 تراوحت بين 9 ملم في محطة مطار العقبة و 38 ملم في محطة مطار عمان، كما يلاحظ أن درجات الحرارة انخفضت بشكل ملحوظ حيث كانت 7.5 مºم في الربة وأدنى من ذلك في باقي المحطات، أما الرطوبة النسبية فقدكانت مرتفعة إذ بلغ أدناها 87 % في محطة مطار العقبة، وبلغ أعـــلاها 97 % في محطة إربد.

2.3 العواصف الرعديه المصاحبة لمنخفض البحر الأحمر

يتأثر الأردنّ سنوياً بعدد من حالات عدم الاستقرار الجوي المصحوبة بالعواصف الرعدية؛ نتيجة امتداد اخدود منخفض البحر الأحمر Red Sea Trough الذي يتكون فوق البحر الأحمر خلال فصلي الخريف والشتاء. حيث تبدأ درجة حرارة اليابسة نهاية شهر أيلول بالانخفاض بينما مياه البحر دافئة، لذا يتكون على طول امتداد البحر الأحمر منطقة ذات ضغط جوي منخفض، يفصل ما بين مراكز الضغط الجوي المرتفع فوق الجزيرة العربية وشمال إفريقيا.

ويعدّ اخدود هذا المنخفض ظاهرة جوية تنشأ من التقاء تيارات هوائية شمالية غربية باردة قادمة من شمال البحر المتوسط، مع تيارات مدارية دافئة تهب من الجنوب أو الجنوب الشرقي لتلتقي في شمال منطقة البحر الأحمر، حيث تتلاقى هذه الرياح السطحية في مركز المنخفض وترتفع للأعلى ثم تتفرق في طبقات الجو العليا.[1]

وعندما يرتبط امتداد هذا المنخفض بتدفق الهواء البارد في طبقات الجو العليا، يساعد تفرق الهواء في طبقات الجو العليا Divergence وتجمعه على سطح الأرض Convergenc إلى تكون جبهة علوية باردة وتعاظم للنشاط الحملي على السطح، مما يؤدي إلى تطور حالات من عدم الاستقرار الجوي خاصة إذا كان الهواء رطباً، تتأثر بها منطقة شرق البحر المتوسط.[2]

ويبدأ تأثر الأردنّ بمنخفض البحر الأحمر مع بداية فصل الخريف؛ بسبب تزحزح مركز اخدود هذا المنخفض نحو الشمال على طول البحر الأحمر ليغطي الساحل الشرقي للبحر المتوسط بما فيه الأردنّ، الذي يبقى تحت تأثيره حتى بداية فصل الصيف، حيث يمتد منخفض الهند الموسمي نحو الجنوب والجنوب الغربي ليغطي الجزيرة العربية حتى الصحراء

1 - علي صبري ، تأثير منخفض البحر الأحمر على مناخ الأردنّ في فصلي الربيع والخريف، مرجع سابق، ص:47.
2- عبدالملك علي الكليب، مناخ الكويت، إدارة الأرصاد الجوية الكويتية، (الكويت، 1981) ص:48.

الإفريقية، فيتزحزح امتداد منخفض البحر الأحمر مبتعداً نحو الجنوب، بحيث يتمركز في منتصف الصيف قبالة ميناء ماسأوا في أثيوبيا بينما كان يقع في منتصف الشتاء قبالة ميناء بور سودان.(1)

وتعمل الرياح الجنوبية إلى الجنوبية الشرقية على تعمّق وامتداد منخفض البحر الأحمر نحو الشمال أو الشمال الشرقي، في حين يؤدي اشتداد الرياح الشمالية الغربية السطحية المصاحبة للجبهات الهوائية الباردة إلى انحساره وتراجعه نحو الجنوب، كما يتذبذب امتداده ما بين الشرق والغرب، إذ يعمل امتداد مرتفع الصحراء الكبرى على دفعه نحو الشرق أمّا امتداد مرتفع الجزيرة العربية فيدفعه نحو الغرب.

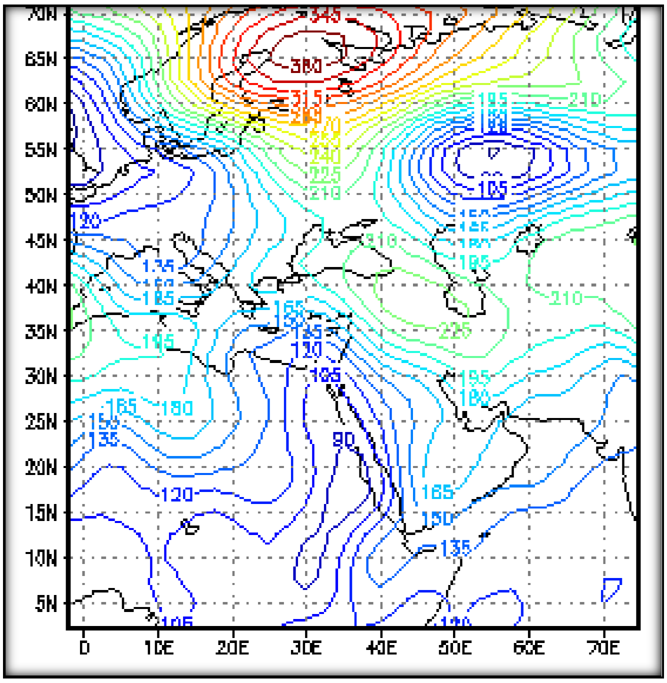
ويختلف تأثير امتداد منخفض البحر الأحمر نحو الشمال أو الشمال الشرقي على الظروف الجوية في الأردنّ من حالة إلى أخرى، حيث يؤدي تمدده نحو الشمال أو الشمال الشرقي إلى تعرض الأردنّ لرياح جنوبية أو جنوبية شرقية حارة مثيرة للغبار، وإذا اقترنت هذه الرياح بتدفق الهواء البارد في طبقات الجو العليا، فإنّ ذلك يزيد من فعالية المنخفض السطحي ويعمل على تطور حالات عدم استقرار جوي يصحبها أمطار رعدية وبرد.(2)

ومن الأمثلة على هذه الوضعية السينوبتيكية، الحالة الجوية التي أثرت على الأردنّ يوم الأربعاء 7 تشرين الثاني 2007. حيث كان واقعاً في الفترة 5 – 7 تشرين الثاني تحت تأثير الريـــاح الجنوبية الشرقية المرافقة لامتداد منخفض البحر الأحمر نحو الشمال الشرقي، كما يظهر في الخريطة الجوية السطحية (15) وفي يوم 7 تشرين الثاني التقى المنخفض السطحي بامتداد حوض علوي بارد في طبقات الجو العليا عند مستوى 500 ملليبار.

---

1 - نعمان شحادة، مناخ الأردنّ، مرجع سابق، ص ص 168 – 169.

2- المرجع السابق، ص: 169.



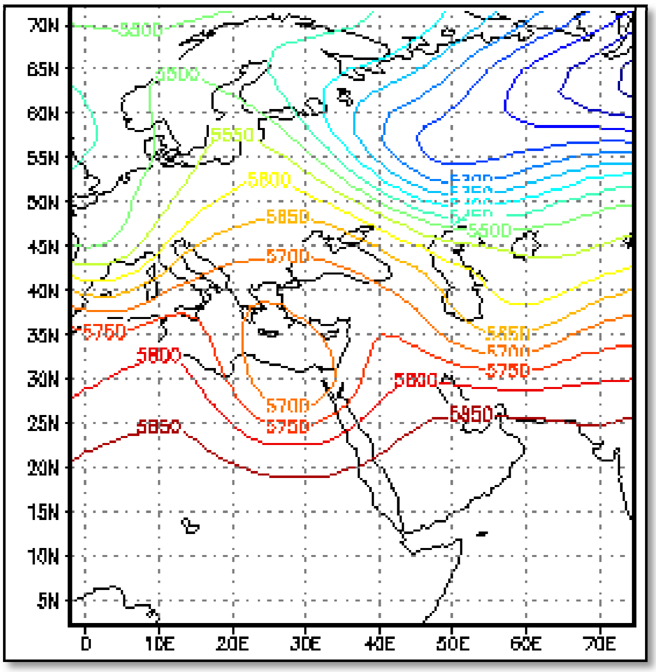
المصدر: وكالة البحار والجو الأمريكية.[1]

خريطة رقم (15)

خريطة جوية سطحية ليوم الأربعاء 7 تشرين الثاني 2007.

ويظهر في الخريطة الجوية العلوية عند 500 ملليبار (16) تأثر المنطقة بامتداد حوض علوي بارد في الحوض الشرقي للبحر المتوسط التقى يوم 7 تشرين الثاني بامتداد منخفض البحر الأحمر السطحي، مما أدى إلى اشتداد الحركة الهوائية الرأسية الصاعدة المصاحبة لامتداد المنخفض السطحي، وبالتالي تكاثف بخار الماء في الغلاف الجوي وتكون سحب المزن الركامي وهطول زخات غزيرة من الأمطار الرعدية في معظم الأردنّ.

1- Available at: hpp//www.cdc.noaa.gov/cdc/data.ncep.reanalysis.html.10 Oct 2008.



المصدر: وكالة البحار والجو الأمريكية.[1]

خريطة رقم (16)

خريطة جوية علوية على مستوى (500) ملليبار ليوم

الأربعاء 7 تشرين الثاني 2007.

ونتيجة للحالة الجوية السابقة طرأ انخفاض ملموس على درجات الحرارة وكان الجو غائماً بشكل عام، وهطلت زخات غزيرة من الأمطار الرعدية فوق معظم المناطق في الأردنّ، وسجلت محطة المفرق أعلى كمية هطول بلغت حوالي 33.1 ملم خلال 24 ساعة، في حين سجلت محطة مطار العقبة أدنى كمية هطول بلغت نحـــو 3.2 ملم خلال 24 ساعة. وكانت الرياح جنوبية إلى جنوبية شرقية بين المعتدلة والنشطة، انظر للجدول (4) الذي يبيّن حالة بعض عناصر الجو السطحية في بعض المحطات هذا اليوم.

1- Available at: hpp//www.cdc.noaa.gov/cdc/data.ncep.reanalysis.html. 10 Oct 2008.

جدول رقم (4)

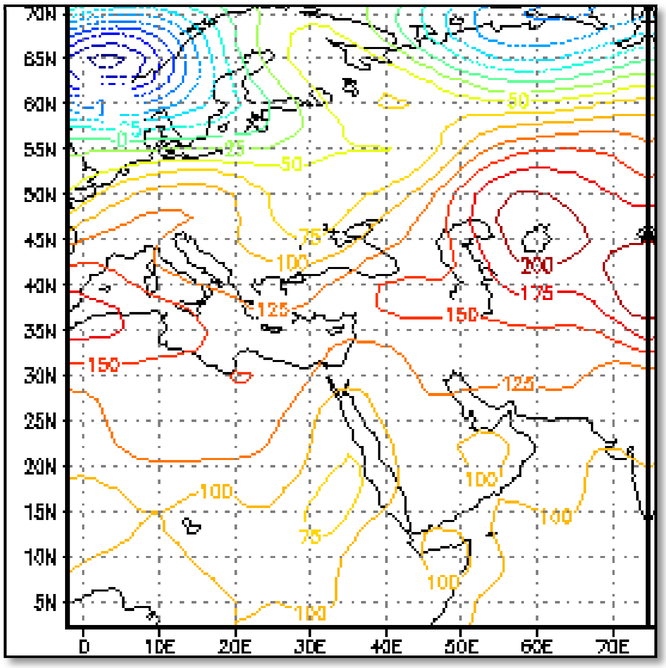
حالة بعض عناصر الجو السطحية في بعض المحطات يوم 2007/11/7

المحطـــة	درجة الحرارة مْ	كمية الأمطار ملم	الرطوبة النسبية %
إربد	8.5	31.4	88
مطار عمان	9.5	12.2	76
الربة	9.6	18.5	82
المفرق	11.8	33.1	68
مطار العقبة	8.9	3.2	78

المصدر:دائرة الأرصاد الجوية، بيانات سطحية ليوم 2007/11/7.

وقد تكون بعض حالات امتداد منخفض البحر الأحمر نحو الشمال أو الشمال الشرقي جافة لا يصحبها سوى هبوب رياح جنوبية إلى جنوبية شرقية جافة مثيرة للغبار، تؤدي إلى رفع درجات الحرارة وتدني مدى الرؤية الأفقية، حيث تندفع هذه الرياح عبر الجزيرة العربية قادمة من المحيط الهندي وبحر العرب محملة بالرطوبة التي تفقدها أثناء عبورها اليابس Land Track لتصل إلى الأردنّ حارة وجافة ومثيرة للغبار.

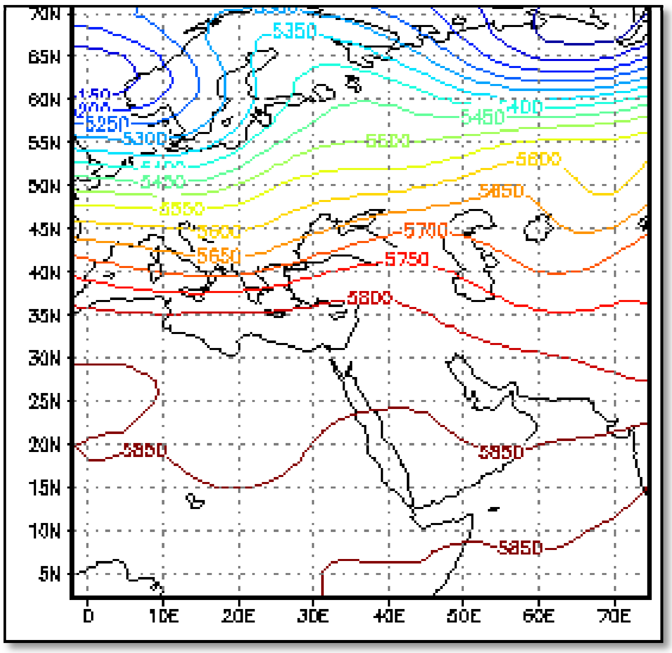
ومن الأمثلة على هذه الوضعية السينوبتيكية حالة عدم الإسقرار الجوي التي تأثر بها الأردنّ يوم 24 تشرين الأول 2004. حيث أدى امتداد منخفض البحر الأحمر على السطح إلى سيطرة رياح جنوبية شرقية حارة وجافة مثيرة للغبار، انظر إلى الخريطة الجوية السطحية (17)، وفي طبقات الجو العليا عند مستوى 500 ملليبار كما في الخريطة الجوية العلوية (18) فقد وقع تحت تأثير متن مرتفع جوي Ridge of High Pressure حدّ من فعالية المنخفض السطحي، وبالتالي حدّ من الحركة الرأسية للهواء الساخن المصاحب له مما منع بخار من التكاثف وبالتالي منع تشكل السحب.



المصدر: وكالة البحار والجو الأمريكية.[1]

خريطة رقم (17)

خريطة جوية سطحية يوم 24 تشرين الاول 2004



المصدر: وكالة البحار والجو الأمريكية.[2]

خريطة رقم (18)

خريطة جوية علوية 500 ملليبار يوم 24 تشرين الأول 2004

1- Available at: hpp//www.cdc.noaa.gov/cdc/data.ncep.reanalysis.html.8 Nov 2008.
2- Ibid. 8 Nov 2008.

وأدت هذه الحالة إلى ارتفاع درجات الحرارة عن معدلها بين 4 – 6 درجات، كما انخفضت الرطوبة النسبية إلى ما دون 45 % في المحطات كافة، وانخفض مدى الرؤية الأفقية خاصة في المنطقة الجنـــوبية والشـــرقية دون 6 كم خلال فترة ما بعد الظهر، انظر الجدول (5) الذي يبيّن درجات الحرارة والرطوبة النسبية في بعض المحطات خلال فترة تأثير هذه الحالة.

جدول رقم (5)

درجات الحرارة والرطوبة النسبية في بعض المحطات

يوم 2004/10/24

المحطـــة	درجة الحرارة مْ	الرطوبة النسبية %
إربد	23.1	44
مطار عمان	21.8	43
الربة	22.1	44
المفرق	24.2	41
مطار العقبة	26	40

المصدر:دائرة الأرصاد الجوية، بيانات سطحية ليوم 2004/10/24.

وقد يظهر تأثير منخفض البحر الأحمر على الأردن –أحياناً نادرة– في فصل الصيف، كما حدث في الفترة الواقعة بين 21 - 22 آب 1965. عندما تأثر جنوب الأردنّ بمنخفض البحر الأحمر في الطبقات السطحية، ترافق بحوض علوي بارد في طبقات الجو العليا، مما أدى إلى تطور حالة عدم استقرار جوي فوق المنطقة الجنوبية كانت مصحوبة بعواصف رعدية، ترافقت بهطول كميات قليلة من الأمطار فوق المحطات الجنوبية، وقد سجلت محطة الشوبك في تلك الفترة أعلى كمية هطول خلال 24 ساعة بلغت 1.2 ملم.[1]

1 - علي غانم، الأمطار الصيفية غير العادية في الأردنّ، مرجع سابق، ص: 176.

3.3 العواصف الرعدية المرافقة للمنخفضات الخماسينية

تعدّ المنخفضات الخماسينية من الظواهر الجوية المميزة التي تؤثر على منطقة شرق البحر المتوسط خلال فصل الربيع، ويستمر تكونها نحو خمسين يوماً تبدأ في 21 آذار وتنتهي في العاشر من أيار تقريباً، وتنشأ المنخفضات الخماسينية خلال هذه الفترة لأنّ درجة حرارة البحر المتوسط تكون أبرد من درجة حرارة اليابسة الإفريقية، إضافة إلى تزحزح موقع جبهة البحر المتوسط Mediterranean Front نحو الجنوب الغربي من الصحراء الكبرى والتي تنشأ عليها معظم المنخفضات الجوية.(1)

وتؤدي الوضعية السابقة لوجود حالة من الباروكلينية* ينتج عنها حالة من عدم الاستقرار الديناميكي؛ بسبب الاختلاف الحراري للكتل الهوائية مع وجود جبال أطلس في الشمال الغربي للقارة الإفريقية التي تؤدي أيضاً دوراً ديناميكياً في زيادة الحركة الاعصارية للرياح في المنطقة الخلفية لجبال أطلس، مما يؤدي لتكون المنخفض الخماسيني الذي يتحرك على طول الخط الباروكليني الذي يفصل بين الهواء البارد فوق البحر المتوسط والهواء الحار فوق اليابس الإفريقي.(2)

وتتميز هذه المنخفضات بطقس حار وجاف ومغبر لأنها تتشكل فوق الصحراء الكبرى في شمال إفريقيا ثم تندفع شمالاً عندما تصل السواحل الشرقية للبحر المتوسط لتتمركز فوق جزيرة قبرص، حيث تندفع كتلة هوائية باردة تؤدي إلى تكاثف الغيوم وسقوط الأمطار بعد الطقس الحار والجاف الذي يصاحب المنخفضات الخماسينية في بداية تأثيرها.

وتتأثر المملكة بالمنخفضات الخماسينة التي تأخذ مساراً متطرفاً نحو الشمال، ويؤدي تعمّق المنخفض الجوي إلى إنحراف الخط الباروكليني واتجاه الرياح عند مستوى 500

1- نعمان شحادة، 1991.

* الباروكلينية: عندما تختلف كثافة الهواء أفقياً على ارتفاع معين، فإن خطوط تساوي الكثافة تتساوى مع خطوط تساوي الضغط، لذا تكون حالة الجو غير مستقرة وهذه الحالة يطلق عليها باروكلينيك

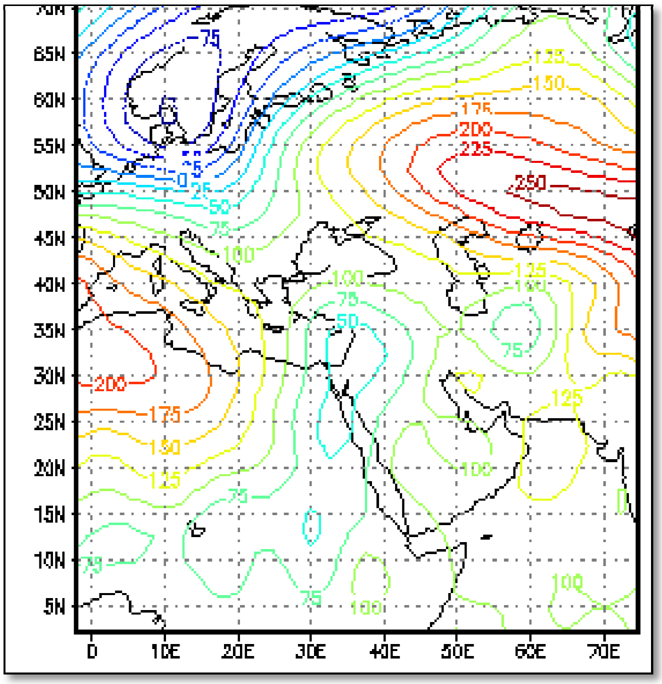
2- Adil. A. Hassan. A. Charcteristics of Khamasin Condiction in March 1967, Meteoroglical Research Bulletin, NO. 1, V. 1, Cario, 1970. Pp: 103 – 104.

مللبيار إلى الشمال الشرقي، وتمتاز المنخفضات التي تأخذ هذا المسار بارتفاع نسبة الرطوبة وضغط بخار الماء؛ لأنّ تدفق الهواء البارد في مؤخرتها يؤدي لتكوّن جبهة نشطة تعمل على تحميل الهواء الدافئ لبخار الماء.[1]

وعلى الرغم من كون بعض حالات عدم الاستقرار الجوي المرتبطة بالمنخفضات الخماسينية المؤثرة على الأردنّ جافة لا ينتج عنها تساقط يذكر ويقتصر تأثيرها على إثارة العواصف الرملية، فإنّ بعضها يكون مصحوباً بعواصف رعدية عنيفة يرافقها هطول غـــزير للأمطار الممزوجة بالغبار أحياناً. ومن الأمثلة على ذلك حـــالة عدم الاستقرار التي حدثت في 19 آذار 2002.

فقد وقع الأردنّ في 19 آذار 2002 تحت تأثير منخفض خماسيني كان يمتد شرقي البحر المتوسط وفوق الجزء الشمالي من البحر الأحمر ترافق على السطح بهبوب رياح جنوبية شرقية خريطة (19). وفي طبقات الجو العليا ترافق المنخفض السطحي بامتداد حوض علوي بارد مركزه شمال البحر الأسود، انظر خريطة (20)، وقد أدّت هذه الوضعية لحدوث حالة عدم استقرار الجوي صاحبها هطول أمطار رعدية في المناطق الشمالية والوسطى من المملكة، حيث سجلت محطة مطار عمان 8.5 ملم، بينما أدّت إلى إثارة الغبار وسقوط كميات قليلة من الأمطار في المناطق الشرقية والجنوبية، فسجلت محطة المفرق 4.1 ملم وفي مطار العقبة 0.5 ملم.

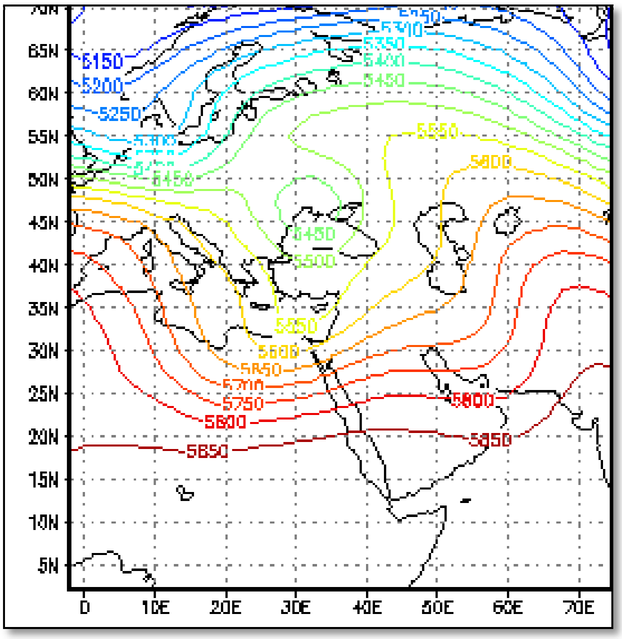
1- احمد الشمايلة، المنخفضات الخماسينية والعواصف الغبارية المرافقة لها في شرق البحر المتوسط، مرجع سابق، ص:25.



المصدر: وكالة البحار والجو الأمريكية.[1]

خريطة رقم (19)

خريطة جوية سطحية ليوم 2002/3/19



المصدر: وكالة البحار والجو الأمريكية.[2]

خريطة رقم (20)

خريطة جوية علوية على مستوى 500 ملليبار ليوم 2002/3/19

1- Available at: hpp//www.cdc.noaa.gov/cdc/data.ncep.reanalysis.html.28 Nov 2008.
2-Ibid. 28 Nov 2008.

ويلاحظ من الجدول (6) أن المنخفض الخماسيني أدى لهطول كميات قليلة من الأمطار الرعدية تراوحت بين 0.5 – 8.5 ملم،كما طرأ انخفاض طفيف على درجة الحرارة حيث تراوحت بين 12.1 مºم في محطة مطار عمان إلى 20.7 مºم في مطار العقبة، ومعدلات الرطوبة النسبية كانت مرتفعة قليلاً إذ تراوحت ما بين 69 % في مطار العقبة و 80 % في مطار عمان.

جدول رقم (6)

حالة العناصر الجوية السطحية في بعض المحطات يوم 2002/3/19

المحطـــة	درجة الحرارة مºم	كمية الامطار ملم	الرطوبة النسبية %
إربد	13	7.2	78
مطار عمان	12.4	8.5	80
الربة	12.1	7.5	77
المفرق	18	4.1	72
مطار العقبة	20.7	0.5	69

المصدر:دائرة الأرصاد الجوية، بيانات سطحية ليوم 2002/3/19.

4.3 العواصف الرعدية المرافقة للمنخفضات المحلية:

يتأثر الأردنّ بمثل هذه المخفضات نتيجة التسخين الإشعاعي الشديد لبقع من سطح الأرض؛ ولذلك يرتفع الهواء الرطب على شكل تيارات هوائية صاعدة، وإذا ما اقترنت هذه المنخفضات بوجود حوض علوي بارد في طبقات الجو العليا، فإنّ ذلك سيسهم في تطور حالة عدم استقرار جوي ينتج عنها تشكل عواصف رعدية مصحوبة بسقوط الأمطار.[1]

وتؤدي زيادة تسخين سطح الأرض إلى زيادة نشاط التيارات الصاعدة مما يزيد فاعلية السحب الركامية المتشكلة، وعلى الرغم من أنّ الظروف الجوية المرافقة لهذه الحالات السينوبتيكية ضعيفة أحياناً غير أن بعضها الأخر ذو طابع عنيف، ويسقط بسببها كميات

1- المرجع السابق ص: 42.

كبيرة من الأمطار خلال فترة زمنية قصيرة في مساحة محدودة قد لا تتجاوز عدة كيلو مترات.

وكون دائرة الأرصاد الجوية الأردنية لا ترصد سوى عدد أيام حدوث العواصف الرعدية، لم يجد الباحث رصداً لأية حالات مفردة لخلايا رعدية تطورت ضمن مناطق محدودة في الأردن ناتجة عن تسخين بقعي محلي، مما حال بينه وبين دراستها.

الفصل الرابع

التوزع المكاني والزماني للعواصف الرعدية في الأردن

- **تمهيد**

1.4 التوزع المكاني لعدد أيام العواصف الرعدية

1.1.4 العلاقة بين الموقع الفلكي وعدد أيام العواصف الرعدية

2.1.4 العلاقة بين الارتفاع عن سطح البحر وعدد أيام العواصف الرعدية

2.4 التوزع الزماني لعدد أيام العواصف الرعدية

1.2.4 التوزع السنوي

2.2.4 التوزع الفصلي

3.2.4 التوزع الشهري

3.4 المسار اليومي للعواصف الرعدية

4.4 الاتجاهات العامة لعدد أيام العواصف الرعدية

5.4 العلاقة بين الاتجاه العام لعدد أيام العواصف والأمطار

– تمهيد

تمتاز أراضي الأردنّ بغناها الجغرافي ضمن رقعة محدودة لا تتجاوز 89.300 كم^2، وتتفاوت ضمن هذه الرقعة ثلاث من البيئات هي: الغورية والجبلية والصحراوية، ولهذا التباين البيئي أهميته البالغة بالنسبة للظواهر الجوية المختلفة. حيث يمكن التمييز في هذه البيئات بين نظامين مناخيين: الرطب وشبه الرطب في المرتفعات الجبلية، والنظام شبه الجاف والجاف في بيئتين مختلفتين هما المنطقة الغورية والمنطقة الصحراوية الداخلية.

ويعدّ التوزع المكاني للنظم البيئية في الأردنّ وما يرتبط بها من ظواهر جوية استجابة لعاملي الموقع والتضاريس بالدرجة الأولى؛ نتيجة الترابط الوثيق بينهما وبين الأحوال الجوية المختلفة، لذا من الممكن دراسة التوزع الجغرافي للعواصف الرعدية واتجاهاتها الزمنية في الأردنّ على هذا الأساس.

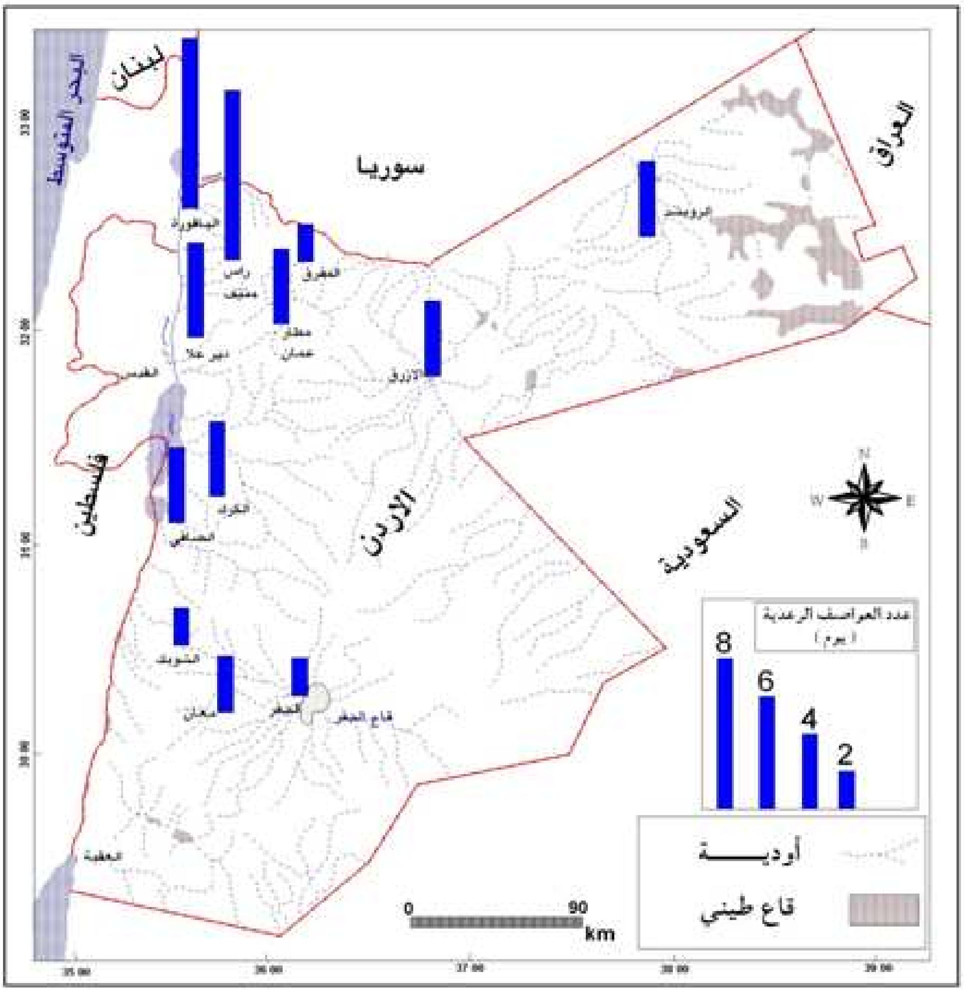
1.4 التوزع المكاني لعدد أيام العواصف الرعدية

تعدّ الرقعة الجغرافية التي تتأثر بالعواصف الرعدية في الأردنّ محدودة المساحة ومعزولة أحياناً ومتسعة أحياناً أخرى؛ تبعاً لعوامل الموقع والتضاريس والعوامل الجوية المختلفة. وفيما يتعلق بالتوزع المكاني لعدد أيام العواصف الرعدية في الأردنّ، فعلى الرغم من تداخل العوامل المؤثرة فية والمشار إليها سابقاً، إلاّ أنه يمكن استخلاص بعض الحقائق من الخريطة (21) التي تبين توزع عدد أيام العواصف الرعدية السنوية في الأردنّ.

وأول ما يمكن استخلاصه هو أنّ أكثر المناطق التي يتكرر فيها عدد أيام العواصف الرعدية هي الأغوار الشمالية والمرتفعات الجبلية الشمالية، ثم تتناقص نحو الجنوب والشرق، فقد بلغ معدل عدد أيام العواصف الرعدية 9 أيام سنوياً في كل من: محطات الباقورة في الغور الشمالي، ورأس منيف في مرتفعات عجلون.

والتفسير المقبول لذلك؛ هو انفتاح المنطقة الشمالية – الغورية والجبلية – على مؤثرات البحر المتوسط من خلال فتحة مرج بن عامر (فجوة بيسان) إضافة إلى تواضع ذرى

مرتفعات نابلس والجليل الذي زاد من تعرّضها للمؤثرات البحرية، وعلاوة على ذلك تعدّ المنطقة الشمالية هي المستقبل الأول للمنخفضات الجوية القادمة من الجزء الشرقي للبحر المتوسط .



المصدر: إعداد الباحث عن بيانات دائرة الأرصاد الجوية.

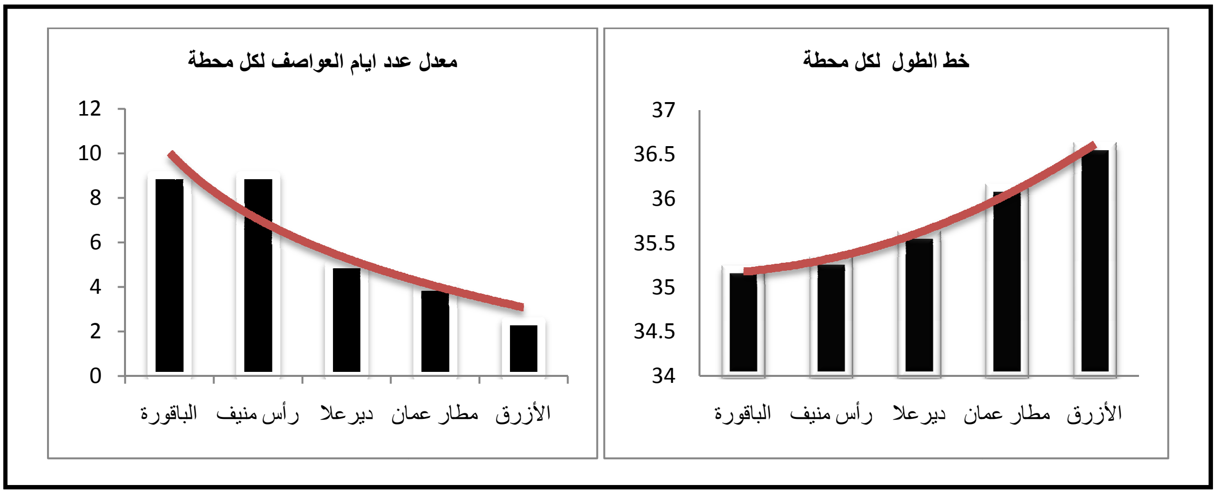
خريطة رقم (21)

التوزع المكاني لعدد أيام العواصف الرعدية في الأردن

1.1.4 العلاقة بين الموقع الفلكي وعدد أيام العواصف الرعدية

يوضح الشكلان (22 ، 23) العلاقة بين الموقع الفلكي وعدد أيام العواصف الرعدية في الأردنّ، وأبرز ما يمكن إستخلاصه من الشكلين هو تناقص المعدل السنوي لعدد أيام العواصف الرعدية في الأردنّ وفق اتجاهين هما:

الأول: اتجاه غربي – شرقي: يتناقص المعدل السنوي لعدد أيام العواصف الرعدية في الأردنّ مع زيادة خط الطول شرقاً شكل (22) الذي يمثل التوزع المكاني لعدد أيام العواصف بالاتجاه شرقا، فقد تناقص معدل عدد أيام العواصف الرعدية من 9 أيام سنوياً في محطة الباقورة الواقعة على خط طول 37` 35 ° غرباً – بالنسبة للأردن – إلى 3 أيام سنوياً في محطة الأزرق الواقعة على خط طول 49` 36 ° شرقاً، مع العلم أنّ المحطتان تصنفان ضمن البيئة الجافة في الأردنّ لتشابه ظروفهما المناخية.



إعداد الباحث عن بيانات الأرصاد الجوية

شكل رقم (22)

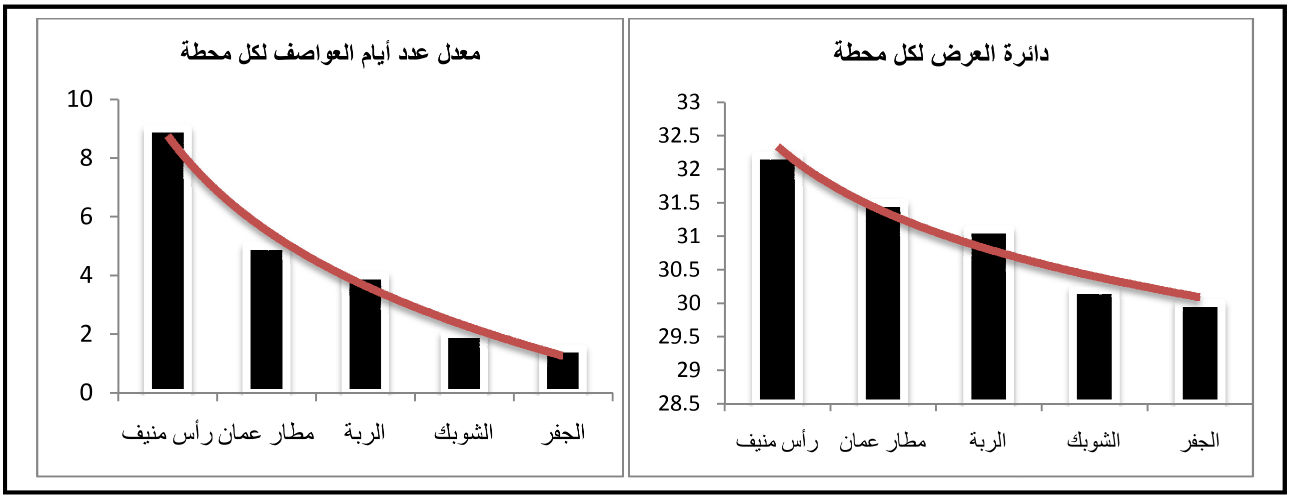
التوزع المكاني لمعدل عدد أيام العواصف الرعدية من الغرب إلى الشرق مع زيادة خط الطول.

وقد أكدت نتائج إستخدام برنامج spss الإحصائي مدى الارتباط بين المعدل السنوي لعدد أيام العواصف الرعدية وخط الطول، حيث توجد علاقة ارتباط عكسية قوية بينهما،

فقد بلغت نسبة معامل الارتباط Spearman 0.75 - وهو ذو دلالة إحصائية عند مستوى ثقة 0.05.

ويمكن تفسير التناقص في المعدل السنوي لعدد أيام العواصف الرعدية بالاتجاه شرقاً؛ بسبب البعد عن مؤثرات البحر المتوسط الذي يعدّ مسؤولاً رئيساً عن تباين عناصر المناخ واختلاف توزعاتها في الأردنّ، إذ تعدّ المحطات المناخية الشرقية نائية عن متناول هذه المنخفضات لانفصالها بمرتفعات الأردنّ الشرقية، وانخفاض فرص تكاثف الهواء عند هبوطه المنحدرات الشرقية لهذه المرتفعات ووقوعها في ظل المطر، فتُسلب معظم حمولة الهواء من الرطوبة الجوية وترتفع درجة حرارة الهواء الهابط وتنخفض رطوبته النسبية مما يقلل فرص التكاثف، وهذا ينعكس بشكل مباشر على تشكّل العواصف الرعدية.

ثانياً: اتجاه شمالي – جنوبي: يلاحظ تناقص المعدل السنوي لعدد أيام العواصف الرعدية مع تناقص درجة العرض من الشمال إلى الجنوب، انظر للشكل (23) الذي يبيّن التوزع المكاني للعواصف الرعدية في الأردنّ من الشمال إلى الجنوب مع تناقص درجة العرض.



إعداد الباحث بالاعتماد على بيانات الأرصاد الجوية.

شكل رقم (23)

التوزع المكاني لمعدل عدد أيام لعواصف الرعدية من الشمال إلى الجنوب مع تناقص درجة العرض.

ويلاحظ من الشكل السابق (23) أن المعدل السنوي لعدد أيام العواصف الرعدية بلـــغ 9 أيام في محطة رأس منيف الواقعة على درجة عرض `22 $32^o$ شمال الأردنّ، بالمقارنة مع يومين سنوياً في محطة الجفر الواقعة على درجة عرض `17 30^o جنوب الأردنّ.

وقد أظهرت نتائج التحليل الإحصائي وجود علاقة طردية قوية بين المعدل السنوي لعدد أيام العواصف الرعدية ودرجة العرض، حيث بلغ معامل الارتباط Spearman 0.97 وهو ذو دلالة إحصائية عند مستـــوى ثقة 0.05، مما يعني تزايد المعدل السنوي لعدد أيام العواصف الرعدية مع تزايد درجة العرض وتناقص معدلها مع تناقص درجة العرض.

ويمكن تفسير التفاوت المكاني في عدد أيام العواصف الرعدية بالاتجاه جنوباً؛ إلى وقوع الأردنّ على الطرف الجنوبي للمناطق التي تتأثر بمنخفضات البحر المتوسط، وبالتالي فإنّ المنخفضات التي تتخذ مساراً شمالياً فوق الأراضي السورية وجنوب تركيا يجعل المناطق الجنوبية على الأطراف بالنسبة لهذه المنخفضات، كما أنّ مدة تأثير المنخفضات الجوية في المناطق الجنوبية أقل بالمقارنة مع المناطق الوسطى والشمالية، فعند وقوع الأردنّ تحت تأثير منخفض جوي، فإنّ العواصف الرعدية المرافقة لهذه المنخفضات تبدأ بالتطور في المناطق الشمالية والوسطى ثم تمتد جنوباً، وعندما ينحسر المنخفض الجوي والجبهة الباردة المصاحبة له يبدأ بالإنحسار عن المناطق الجنوبية أولاً.

2.1.4 العلاقة بين الارتفاع عن سطح البحر وعدد أيام العواصف الرعدية

يتضّح من مقارنة الخريطة (21) التوزع الجغرافي لعدد أيام العواصف الرعدية مع الخريطة (3) مناسيب سطح الأرض في الأردن صفحة رقم (30) وجود علاقة بين الارتفاع عن مستوى سطح البحر وعدد أيام العواصف الرعدية، حيث يفسر هذا العامل جزءاً مهماً من التباين المكاني لعدد أيام العواصف الرعدية في جميع محطات الدراسة باستثناء محطات وادي الأردنّ، ولعل أبرز ما يمكن ملاحظته أنّ المرتفعات الجبلية الشمالية تستأثر بأكبر معدل لعدد أيام العواصف الرعدية.

ولكن يلاحظ أنّ عدد أيام العواصف الرعدية لا يزداد باضطراد مع الارتفاع في المحطات كافة، حيث أنّ ما سبق عرضه لا ينطبق تماماً على جميع المحطات الجبلية، فمحطة الشوبك الواقعة على ارتفاع 1365 م معدل عدد أيام العواصف فيها يومان سنوياً فقط، بالمقارنة مع محطة رأس منيف الواقعة على ارتفاع 1150 م 9 أيام سنوياً؛ والسبب في هذا الفارق الكمي الكبير يعود إلى وقوع محطة رأس منيف على بعد ثلاث درجات عرضية إلى الشمال من الشوبك، وبالتالي تأثرها بعدد أكبر من المنخفضات الجوية والجبهات الباردة، أي أنّ عامل المنسوب لم يلغ تماماً تأثير درجة العرض.

ويؤدي تدني المنسوب بالاتجاه شرقاً في المنطقة الصحراوية الداخلية إلى تلاشي دور الصعود التضاريسي، واستقرار الكتل الهوائية أثناء هبوطها السفوح الشرقية للمرتفعات الجبلية وفقدانها جزءاً كبيراً من رطوبتها، الأمر الذي ساهم في تناقص فرص تطور العواصف الرعدية في تلك المنطقة.

وعلى الرّغم من الحقائق السابقة، يتدنى منسوب محطات وادي الأردنّ بمعدل يترواح بين - 170 م في محطة الباقورة وبين - 350 م في محطة غور الصافي، ولا يواكب هذا التدني في المنسوب تدني المعدل السنوي لعدد أيام العواصف الرعدية. ولعل العوامل التي أخرجت غور الأردنّ –لا سيما الشمالي– عن نطاق ظل المطر وأدت لزيادة معدل عدد أيام العواصف الرعدية في محطاته مقارنة بباقي المحطات، إنفتاحه على المؤثرات البحرية للبحر المتوسط وكذلك دور درجة العرض.

2.4 التوزع الزماني لعدد أيام العواصف الرعدية:

يتعرض الأردنّ للعواصف الرعدية في أوقات زمنية متباينة يمكن تناولها على النحو الآتي:

1.2.4 التوزع السنوي

إنّ أبرز خصائص التوزع السنوي لعدد أيام العواصف الرعدية في محطات الدراسة كثرة تقلبها وتفاوتها الشديد من عام إلى آخر، انظر الملاحق من (2-13). وقد يزيد في

بعض السنوات عدد أيام العواصف عن المعدل السنوي، في حين يقل عن المعدل في سنوات أخرى، لذا يمكن استخلاص النتائج الآتية:

أولاً: يبيّن معامل الاختلاف لمعدل عدد أيام العواصف الرعدية السنوي في محطات الدراسة ما يأتي:

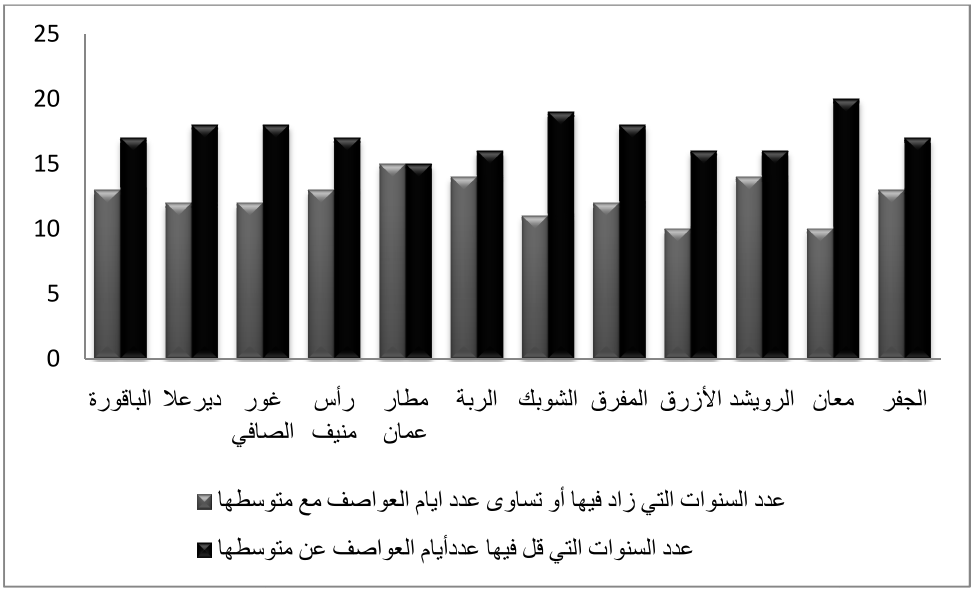
1. أقل المناطق تقلباً هي الأجزاء الشمالية الغربية في المرتفعات الجبلية ووادي الأردنّ، حيث يتراوح معامل الاختلاف السنوي 64 % في محطة رأس منيف، 65 % في محطة الباقورة.
2. يزيد معامل الاختلاف زيادة مضطردة بالاتجاه نحو الجنوب، حيث بلغ في محطة معان 107 %. ويزيد كذلك نحو الشرق حيث بلغ في محطة الرويشد 88 %، وترتبط زيادة معامل الاختلاف في المحطات الجنوبية والشرقية بتناقص المعدلات السنوية لعدد أيام العواصف الرعدية وتقلبها السنوي الكبير، مما يعني وجود علاقة عكسية بين معدل عدد أيام العواصف الرعدية ومعامل اختلافها.

ثانياً: يبيّن الانحرف المعياري للمعدل السنوي لعدد أيام العواصف الرعدية في محطات الدراسة ما يأتي:

1- تسجل المحطات الشمالية والغربية أعلى قيم للانحرف المعياري، حيث بلغ في محطة الباقورة 5.85 وفي محطة رأس منيف 5.54.

2- تقل قيمة الانحرف المعياري بشكل مضطرد بالاتجاه نحو الجنوب ونحو الشرق، فقد بلغ في محطة الجفر جنوباً 1.57 وفي المفرق شرقاً 1.69.

ثالثاً: وجد أنّ مجموع عدد السنوات التي قلّ فيها عدد أيام العواصف الرعدية عن معدلها السنوي في محطات الدراسة، أكثر من مجموع عدد السنوات التي زاد فيها عدد أيام العواصف عن معدلها السنوي، باستثناء محطة مطار عمان التي تساوى فيها المجموعان كما يبيّن ذلك الشكل (24).



إعداد الباحث عن بيانات دائرة الأرصاد الجوية.

شكل رقم (24)

عدد أيام العواصف الرعدية مقارنة مع المعدل السنوي في محطات الدراسة

2.2.4 التوزع الفصلي

إنّ الظروف السينوبتيكية التي تسبب العواصف الرعدية في الأردنّ، لا تستمر على وضع واحد خلال السنة، لا بل تتغير من فصل إلى آخر كما سبق ذكره، وتبعاً لهذه الاختلافات بين الفصول، فإنّ الجدول (7) يبيّن أهم خصائص التوزع الفصلي لعدد أيام العواصف الرعدية في الأردن.

جدول رقم (7)

التوزع الفصلي النسبي % لعدد أيام العواصف الرعدية في الأردنّ

المنطقة	المحطة	الخريف	الشتاء	الربيع	الصيف
المرتفعات الجبلية	رأس منيف	25	44	30	1
	مطار عمان	36	37	25	2
	الربة	34	38	27	1
	الشوبك	39	19	42	0
وادي الأردنّ	الباقورة	25	40	35	0
	ديرعلا	32	38	30	0
	غور الصافي	30	34	36	0
البادية الجنوبية	معان	56	16	28	0
	الجفر	37	9	54	0
البادية الشرقية	المفرق	41	19	38	2
	الرويشد	31	17	43	4
	الأزرق الشمالي	51	14	35	0
النسبة المئوية لعدد أيام العواصف في كل فصل		% 33	% 32	% 34	% 1

المصدر: الباحث عن بيانات الأرصاد الجوية، 2008.

ونستخلص من الجدول السابق النتائج الآتية:

1- تتطور العواصف الرعدية في فصول رئيسة ثلاثة من السنة: الخريف والشتاء والربيع، ورغم ذلك هناك تباين بين هذه الفصول من حيث عدد أيام العواصف الرعدية التي تتطور خلالها وطبيعة تلك العواصف وقوتها تبعاً للعوامل السينوبتيكية.

2- تتركز معظم أيام العواصف الرعدية في فصل الربيع، حيث تصل النسبة المئوية لعدد أيام العواصف الرعدية في هذا الفصل 34 % يليه فصل الخريف 33 % ثم فصل الشتاء 32%.

3- يعدّ تشكل العواصف الرعدية في فصل الصيف أمراً نادراً، ورغم ذلك قد تتشكل عواصف رعدية خلاله في ظروف إستثنائية، حيث بلغت النسبة المئوية لعدد أيام العواصف الرعدية في فصل الصيف 1 % .

4- يبدو جلياً أنّ النسبة الأعلى للمعدل السنوي لعدد أيام العواصف الرعدية في فصل الشتاء تزيد في المناطق الشمالية والوسطى (المرتفعات الجبلية ووادي الأردنّ) ويقل هذا المعدل في المناطق الجنوبية والشرقية؛ بسبب أنّ المناطق الشمالية والوسطى أكثر تأثراً في المنخفضات الجوية والجبهات الباردة المرافقة لها خلال فصل الشتاء مقارنة مع المناطق الجنوبية والشرقية.

5- النسبة الأعلى لعدد أيام العواصف الرعدية خلال فصل الخريف تتركز في المناطق الجنوبية والشرقية والوسطى، وتتناقص هذه النسبة في المنطقة الشمالية الغربية، ويعود ذلك لتأثير منخفض البحر الأحمر على هذه المناطق خلال فصل الخريف أثناء امتداده نحو الشمال أو الشمال الشرقي.

6- تزيد نسبة عدد أيام العواصف الرعدية خلال فصل الربيع في المنطقة الجنوبية والشرقية وتقل في المناطق الشمالية والوسطى (المرتفعات الجبلية ووادي الأردنّ)؛ ويعود هذا إلى كون المنطقة الجنوبية والشرقية أكثر تأثراً في المنخفضات الخماسينية التي تتركز خلال هذا الفصل.

3.2.4 التوزع الشهري

تتغيّر ظروف تطور العواصف الرعدية في الأردنّ من شهر إلى آخر على مدار السنة، انظر الجدول (8) الذي يبيّن التوزع الشهري لعدد أيام العواصف الرعدية في محطات الدراسة.

جدول رقم (8)

التوزع الشهري لعدد أيام العواصف الرعدية في محطات الدراسة.

المنطقة	المحطة	أيلول	تشرين أول	تشرين ثاني	كانون أول	كانون ثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران
المرتفعات الجبلية	رأس منيف	3	34	32	27	41	50	45	17	18	4
	مطار عمان	2	26	15	14	11	19	8	13	9	2
	الربة	1	19	16	14	8	19	8	7	14	1
	الشوبك	1	15	10	3	3	6	7	10	11	0
وادي الأردنّ	الباقورة	3	22	40	24	31	47	55	25	11	1
	ديرعلا	3	17	32	17	15	29	26	13	9	0
	غورالصافي	3	17	16	15	12	14	19	13	11	1
البادية الجنوبية	معان	0	29	10	3	4	4	15	4	10	0
	الجفر	0	18	12	1	3	1	5	5	9	0
البادية الشرقية	المفرق	3	14	9	7	1	4	7	10	7	1
	الرويشد	3	23	15	12	3	4	11	18	20	4
	الأزرق الشمالي	5	24	13	8	3	1	7	7	15	0
المجموع الكلي		27	258	210	145	135	198	213	142	144	14
النسبة المئوية (%)		2	17	14	10	9	13	14	10	10	1

إعداد الباحث عن بيانات الأرصاد الجوية

ونستطيع من خلال الجدول السابق استخلاص النتائج الآتية:

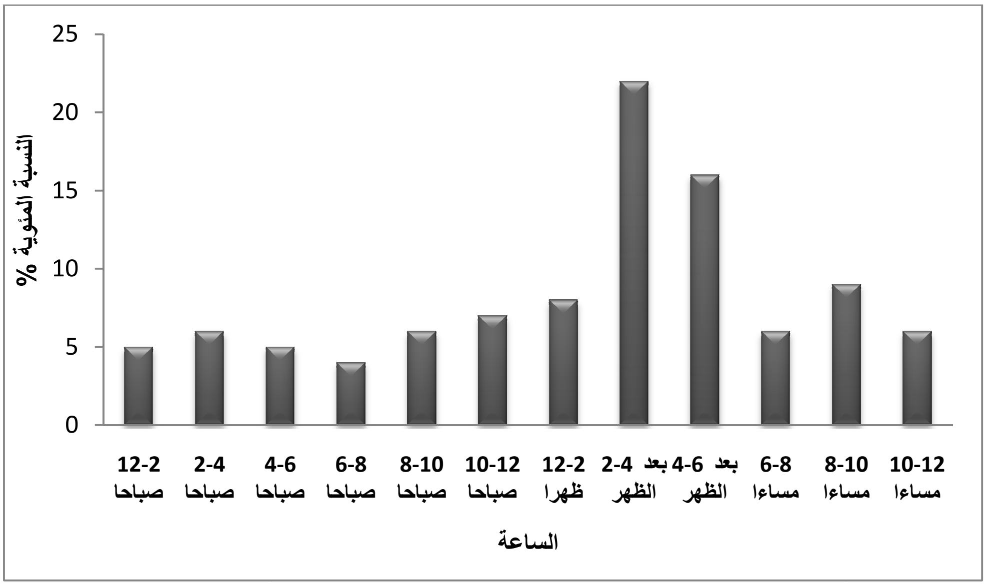
1- يبدأ موسم تشكل العواصف الرعدية في الأردنّ في تشرين الأول ويستمر حتى نهاية أيار. ويتوافق موعدها مع بداية موسم الأمطار، غير أن هذا الموعد قد يختلف من سنة إلى أخرى اختلافاً كبيراً، فيتقدم في بعض السنوات إلى شهر أيلول، وذلك لإرتباطه بامتداد منخفض البحر الأحمر نحو الشمال أو الشمال الشرقي وتدفق الهواء العلوي البارد، وامتداد المرتفع الأوروبي نحو الجنوب وتطور الجبهة المتوسطية. أما نهاية موسمها فهو شهر أيار، إلاّ أن هذا الموعد قد يتأخر في سنوات نادرة إلى شهر حزيران؛ بسبب تأخر ظهور المنخفض الجوي الموسمي، مما يؤدي إلى إمتداد الظروف الربيعية إلى ما بعد أيار.

2- يظهر من الجدول تركّزاً للعواصف الرعدية في تشرين الأول بنسبة 17 %، ورغم ذلك هناك اختلافات مكانية بين محطات الدراسة، حيث يمكن التمييز بين منطقتين يختلف شهر تركّز العواصف في كل منهما عن الأخرى:

- الأولى المنطقة الشمالية: تتركز عواصفها الرعدية في شباط وآذار، لاحظ مثلاً محطة رأس منيف (شباط 50 يوم، آذار 45 يوم) ومحطة الباقورة (شباط 47 يوم، آذار 55).
- الثانية المنطقة الصحراوية (الشرقية والجنوبية): تتركز عواصفها في تشرين الأول، لاحظ مثلاً محطة معان في المنطقة الجنوبية (تشرين أول 29 يوم)، ومحطة الأزرق في المنطقة الشرقية (24 يوم) وسبب ذلك يعود لامتداد منخفض البحر الأحمر نحو الشمال أو الشمال الشرقي وما يرتبط به من عواصف.

3.4 المسار اليومي للعواصف الرعدية في الأردنّ

تحدث معظم العواصف الرعدية خلال ساعات ما بعد الظهر، حيث يصل سطح الأرض في تلك الفترة أعلى درجات التسخين، ورغم تفاوت محطات الدراسة فيما بينها من حيث وقت حدوث العواصف الرعدية، إلاّ أن معظم العواصف الرعدية تتركز ما بين الساعة الثانية بعد الظهر وحتى الساعة السادسة مساءً، حيث يحدث في هذه الفترة 38 % من مجموع العواصف الرعدية، والشكل (25) يوضّح المسار اليومي لحدوث العواصف الرعدية في الأردنّ.



إعداد الباحث عن بيانات غير مشورة، دائرة الأرصاد الجوية الأردنّية.

شكل رقم (25)

المسار اليومي للعواصف الرعدية في الأردنّ

4.4 الاتجاهات العامة لعدد أيام العواصف الرعدية في الأردن

يعدّ خط الانحدار (البسيط والمتعدد) من الأساليب الإحصائية الفعالة التي تساعد على تحليل التغيرات التي طرأت على الاتجاه العام للظاهرة المدروسة، ومن أجل تحديد الاتجاه العام لعدد أيام العواصف الرعدية خلال الفترة من 1977 - 2006 في محطات الدراسة، فقد تم الاعتماد على طريقة المربعات الصغرى (معادلة الخط المستقيم)، ورغم أنّ هذه

الطريقة تعطي صورة واضحة عن الاتجاه الذي أخذه المعدل السنوي لعدد أيام العواصف الرعدية في محطات الدراسة سواء نحو الزيادة او التناقص. إلاّ أنها لا تظهر التحولات التي طرأت على خط الاتجاه العام أثناء الفترة المدروسة، لذا استخدم نموذج الانحدار المتعدد الذي يعدّ أسلوباً مناسباً لتحليل بيانات السلاسل الزمنية، وإظهار ايّة تحولات طرأت على الاتجاه العام خلال الفترة 1977 - 2006. وفيما يلي عرض لنتائج تطبيق هذه الأساليب:

– تحليل الانحدار الخطي البسيط والمتعدد

يوضح الجدول (9) نتائج تطبيق أسلوب الانحدار الخطي البسيط (معادلة الخط المستقيم) على بيانات محطات الدراسة. والجدول (10) يوضح نتائج تطبيق معادلة خط الانحدار متعدد الحدود من الدرجة الثانية.

جدول رقم (9)

نتائج تطبيق معادلة خط الانحدار البسيط في محطات الدراسة.

المحطة	معادلة خط الانحدار البسيط	الاتجاه العام
راس منيف	y = -0.391x + 787.9	متناقص
مطار عمان	y = -0.191x + 384.5	متناقص
الربة	y = -0.057x + 117.0	متناقص
الشوبك	y = -0.089x + 179.4	متناقص
الباقورة	y = -0.191 x 384.5	متناقص
ديرعلا	y = -0.248x + 500.2	متناقص
غور الصافي	y = -02.9x + 581.5	متناقص
الرويشد	y = - 0.114x + 231.0	متناقص
المفرق	y = - 0.085x + 171.7	متناقص
الازرق	y = - 0.025x + 54.30	متناقص
معان	y = - 0.0125x + 251.7	متناقص
الجفر	y = - 0.035x + 73.36	متناقص

إعداد الباحث عن بيانات دائرة الأرصاد الجوية للفترة 1977 – 2006.

ومن خلال دراسة الجدول السابق يلاحظ ما يأتي:

1- أنّ قيم معامل الانحدار لمحطات الدراسة كانت سالبة في الفترة من 1977 - 2006، مما يدل على وجود اتجاه متناقص في معدل عدد أيام العواصف الرعدية في المحطات كافة.

2- تختلف درجة وحدّة الاتجاه نحو التناقص في المعدل السنوي لعدد أيام العواصف الرعدية من محطة إلى أخرى، حيث يزيد في المناطق الشمالية والغربية ويقل بالاتجاه جنوبا وشرقا. كما يبيّن ذلك الرسم البياني في الأشكال من (26) وحتى (37).

جدول رقم (10)

نتائج تطبيق معادلة خط الانحدار من الدرجة الثانية.

المحطة	معادلة خط الانحدار (درجة ثانية)	منحنى الاتجاه العام
راس منيف	y =- 0.002x2 + 7.816x-7385	متناقص طوال فترة الدراسة
مطار عمان	y = - 0.004x2 + 18.83x-18562	متناقص طوال فترة الدراسة
الربة	y = -0.003x + 13.68x – 13571	اتجاه مستقيم من (1977-1991) ثم متناقص (1992-2006)
الشوبك	y = -0.001x2 + 6.734x – 6615	متناقص طوال فترة الدراسة
الباقورة	y= - 0.004x2 + 18.83x- 18562	متناقص طوال فترة الدراسة
ديرعلا	y = -0.002x2 + 7.742x – 7455	متناقص طوال فترة الدراسة
غور الصافي	y = -0.001x2 – 6.971x + 7233	متناقص طوال فترة الدراسة
الرويشد	= - 0.017x2 + 68.28x – 67872 y	اتجاه متزايد من (1977-1991) ثم متناقص (1992-2006)
المفرق	y = - 0.006x2 + 25.54x - 25352	متناقص طوال فترة الدراسة
الازرق	y = - 0.025x + 54.30	متناقص طوال فترة الدراسة
معان	y = - 0.005x2 + 20.70x - 20487	متناقص طوال فترة الدراسة
الجفر	y = - 0.016x2+65.92-65675	متناقص طوال فترة الدراسة

إعداد الباحث عن بيانات دائرة الأرصاد الجوية للفترة 1977 – 2006.

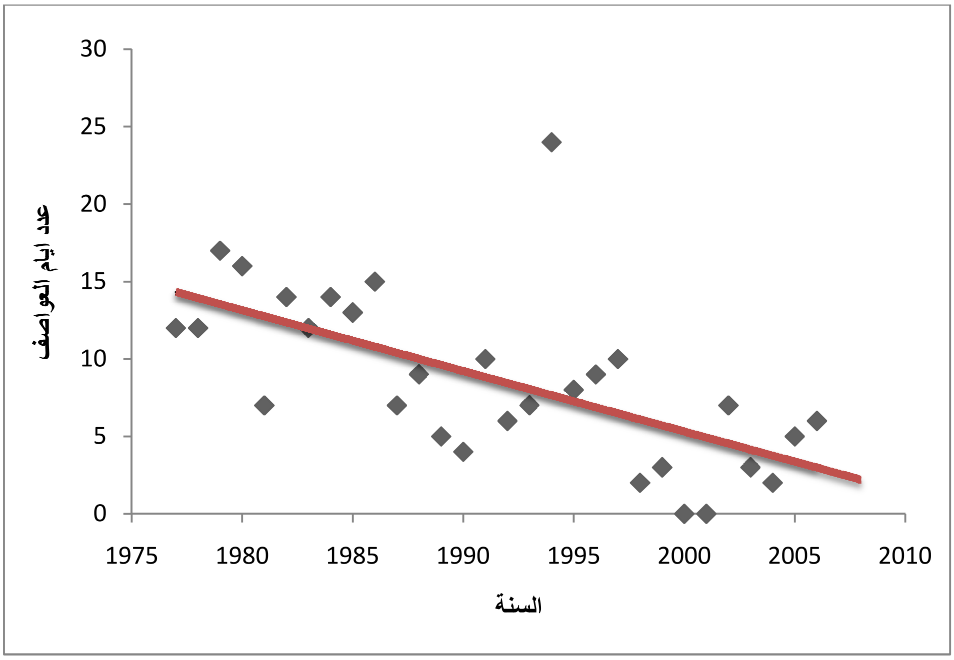
ومن الجدول السابق رقم (10) يمكن استخلاص النتائج الآتية:

1- أن قيم معامل الانحدار لمحطات الدراسة كافة كانت سالبة، مما يعني وجود اتجاه نحو التناقص في عدد أيام العواصف الرعدية خلال فترة الدراسة.

2- أظهرت النتائج تطابقاً ملحوظاً في خط الاتجاه من الدرجة الأولى والدرجة الثانية.

3- لم تظهر تحولات ملموسة تستحق الذكر في الاتجاه العام لعدد أيام العواصف الرعدية خلال السلسلة الزمنية في المحطات الشمالية والغربية، في حين يمكننا تمييز فترتين للتزايد والتناقص في الاتجاه العام لعدد أيام العواصف الرعدية في المحطات الجنوبية والشرقية:

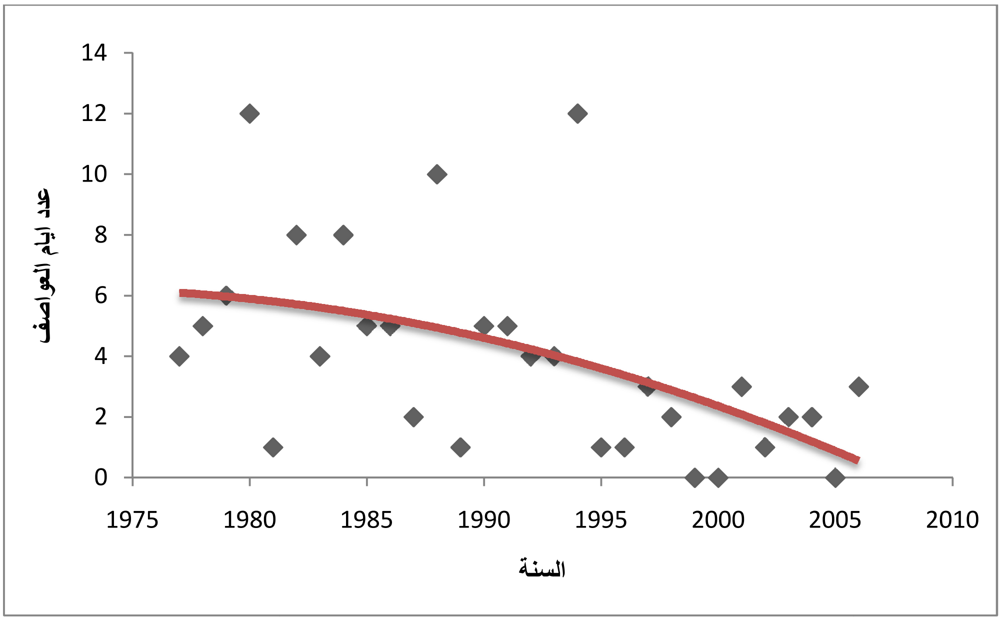
- الأولى: فترة الاتجاه نحو الزيادة وتمتد من 1977 – 1991.
- الثانية: الاتجاه نحو التناقص وتمتد من 1992 - 2006.



إعداد الباحث عن بيانات دائرة الأرصاد الجوية للفترة 1977 – 2006.

شكل رقم (26)

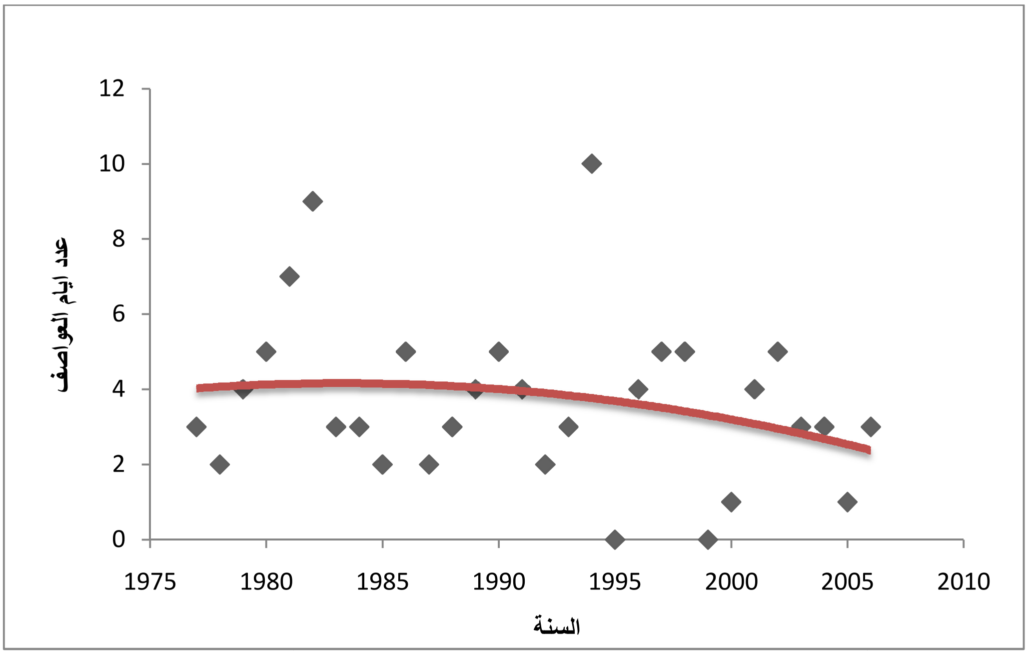
الاتجاه العام لعدد أيام العواصف الرعدية في محطة رأس منيف



إعداد الباحث عن بيانات دائرة الأرصاد الجوية للفترة 1977 – 2006.

شكل رقم (27)

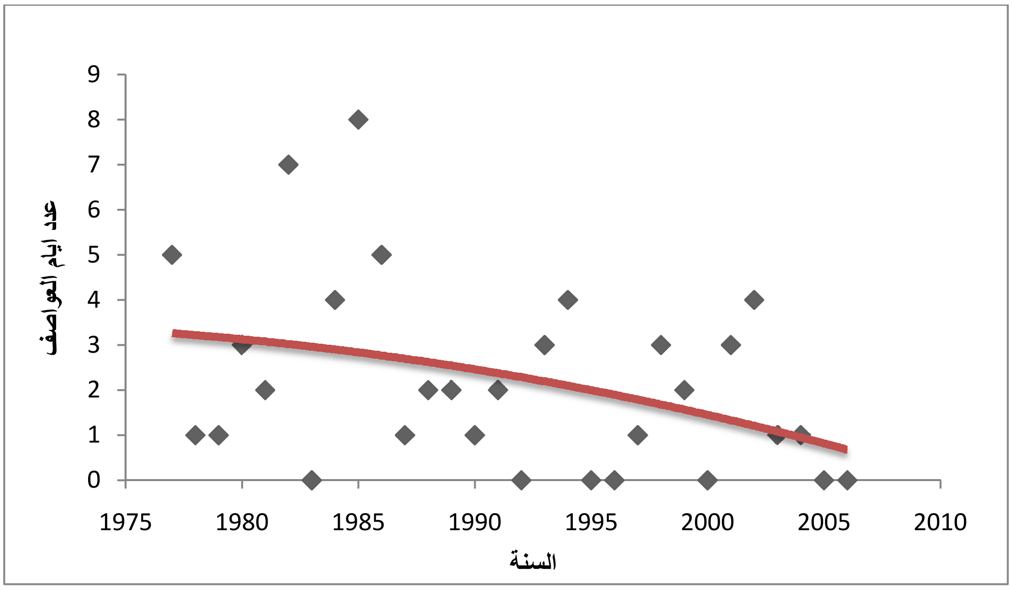
الاتجاه العام لعدد أيام العواصف الرعدية في محطة مطار عمان.



إعداد الباحث عن بيانات دائرة الأرصاد الجوية للفترة 1977 – 2006.

شكل رقم (28)

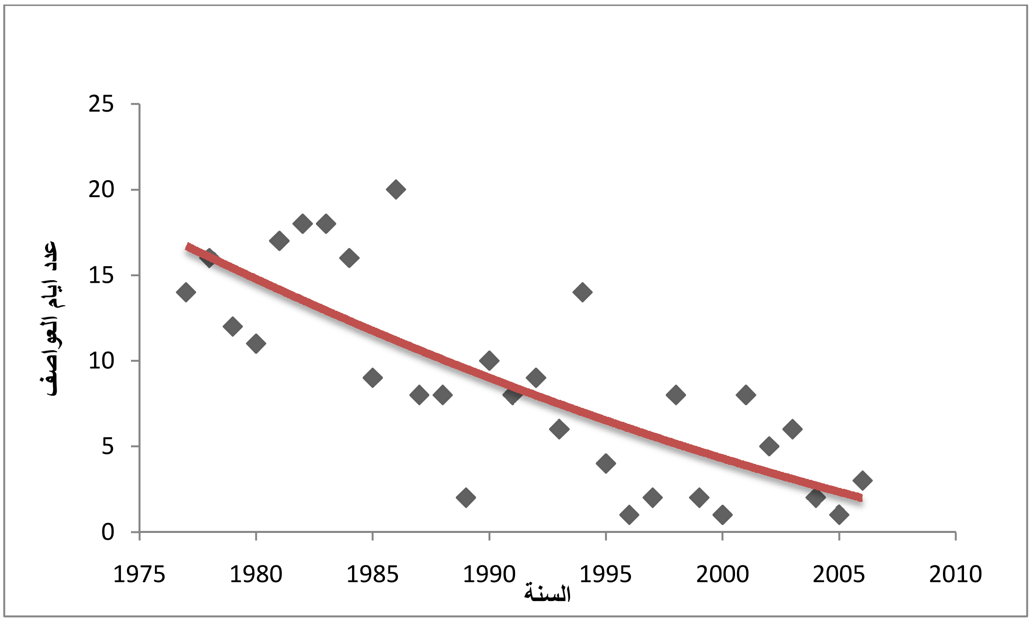
الاتجاه العام لعدد أيام العواصف الرعدية في محطة الربة



إعداد الباحث عن بيانات دائرة الأرصاد الجوية للفترة 1977 – 2006.

شكل رقم (29)

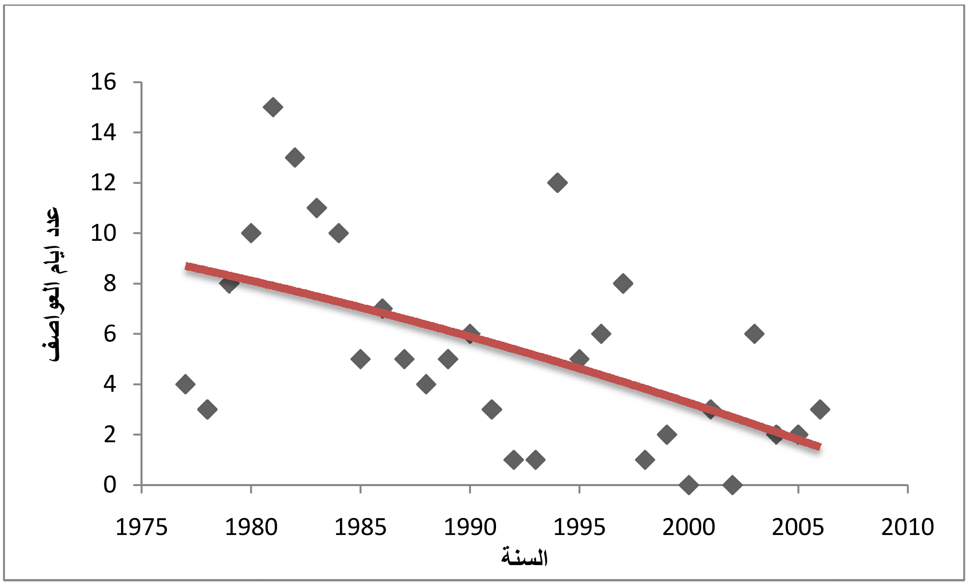
الاتجاه العام لعدد أيام العواصف الرعدية في محطة الشوبك.



إعداد الباحث عن بيانات دائرة الأرصاد الجوية للفترة 1977 – 2006.

شكل رقم (30)

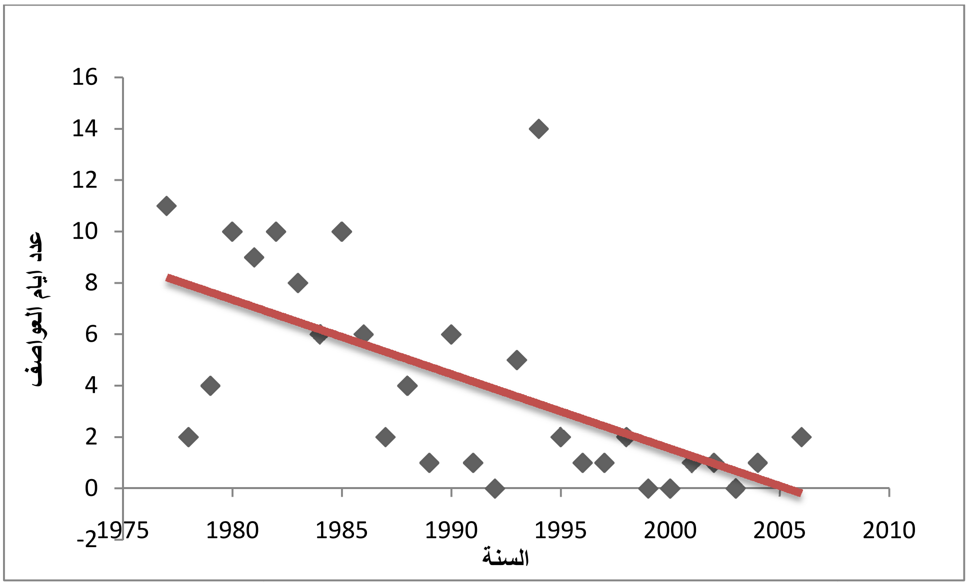
الاتجاه العام لعدد أيام العواصف الرعدية في محطة الباقورة



إعداد الباحث عن بيانات دائرة الأرصاد الجوية للفترة 1977 – 2006.

شكل رقم (31)

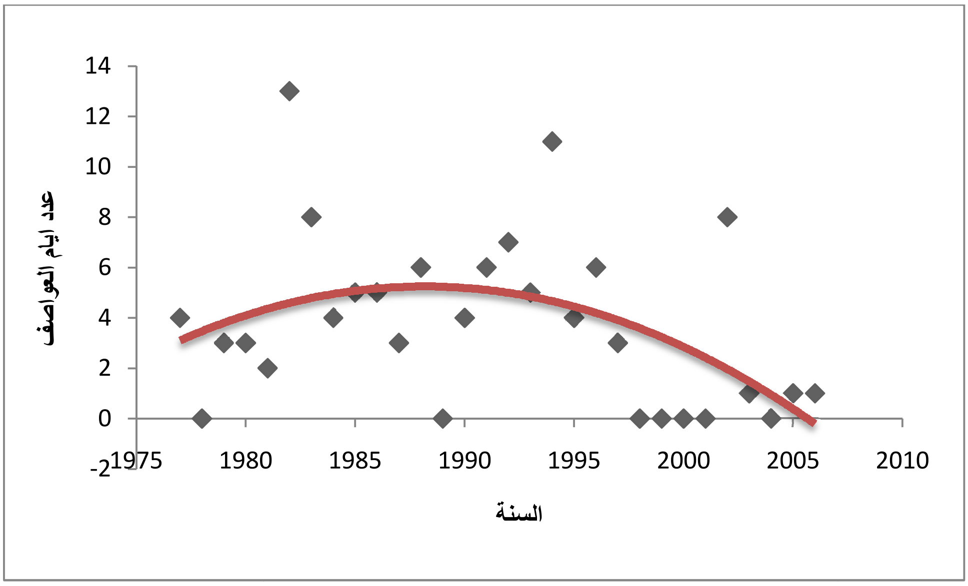
الاتجاه العام لعدد أيام العواصف الرعدية في محطة ديرعلا.



إعداد الباحث عن بيانات دائرة الأرصاد الجوية للفترة 1977 – 2006.

شكل رقم (32)

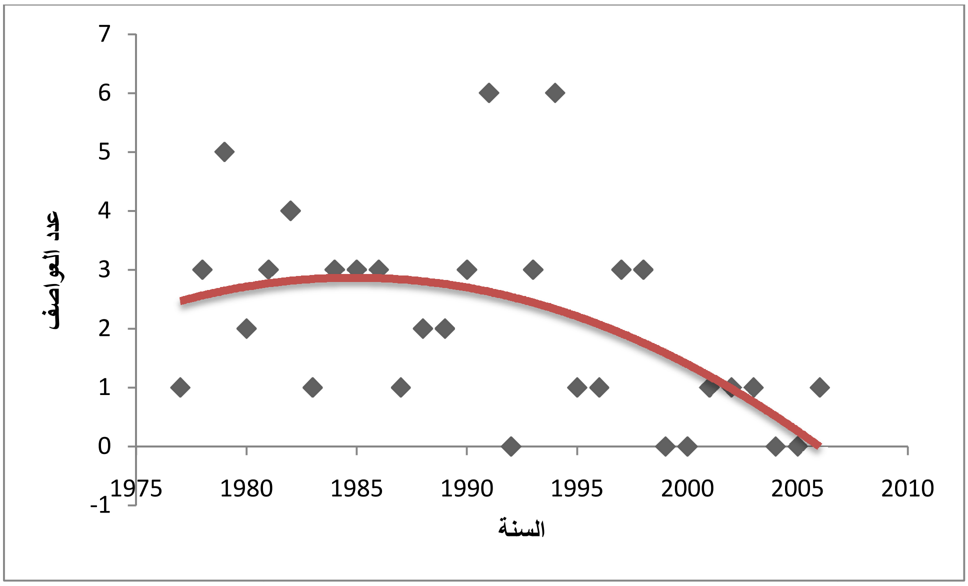
الاتجاه العام لعدد أيام العواصف الرعدية في محطة غور الصافي.



إعداد الباحث عن بيانات دائرة الأرصاد الجوية للفترة 1977 – 2006.

شكل رقم (33)

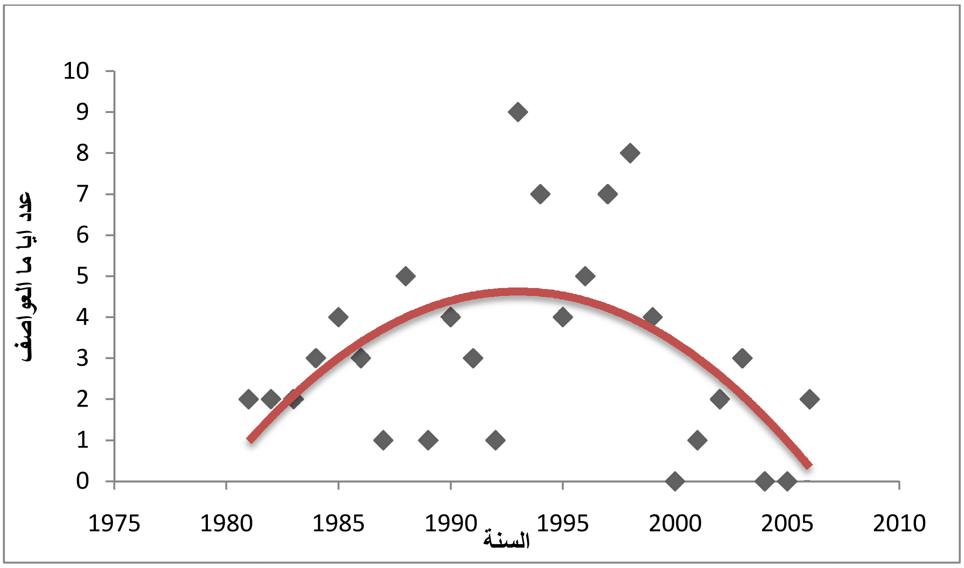
الاتجاه العام لعدد أيام العواصف في محطة الرويشد



إعداد الباحث عن بيانات دائرة الأرصاد الجوية للفترة 1977 – 2006.

شكل رقم (34)

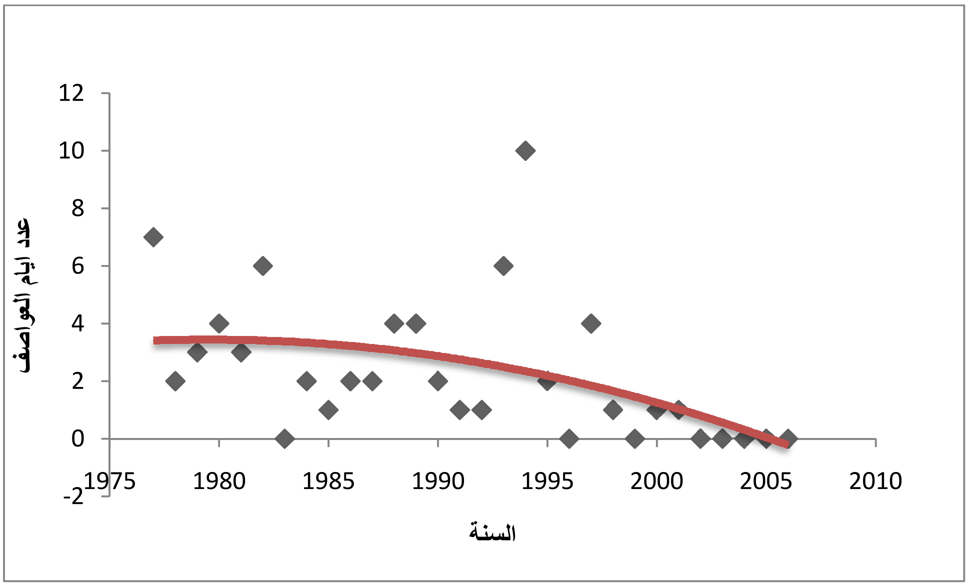
الاتجاه لعدد أيام العواصف الرعدية في محطة المفرق



إعداد الباحث عن بيانات دائرة الأرصاد الجوية للفترة 1977 – 2006.

شكل رقم (35)

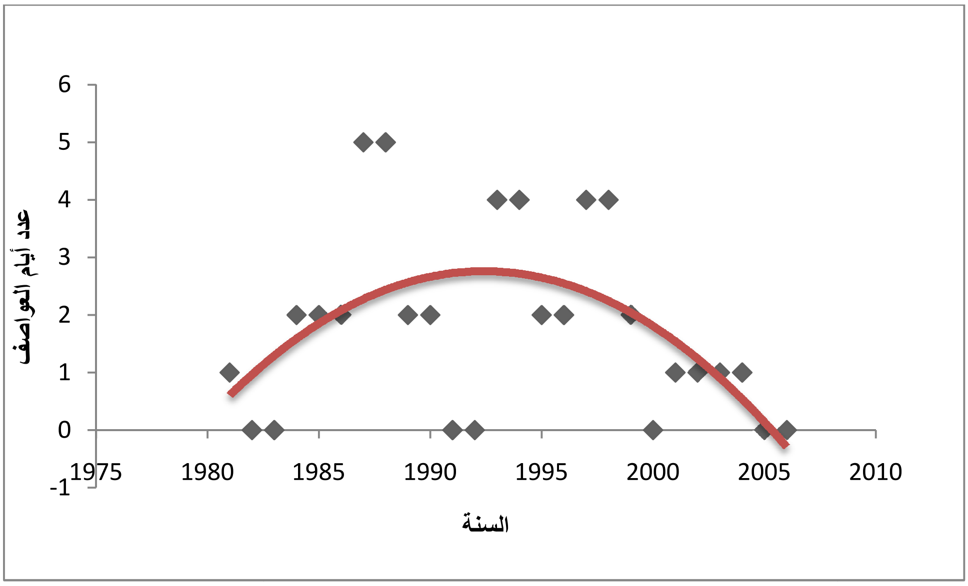
الاتجاه العام لعدد أيام العواصف في محطة الأزرق



إعداد الباحث عن بيانات دائرة الأرصاد الجوية للفترة 1977 – 2006.

شكل رقم (36)

العام لعدد أيام العواصف في محطة معان



إعداد الباحث عن بيانات دائرة الأرصاد الجوية للفترة 1977 – 2006.

شكل رقم (37)

الاتجاه العام لعدد أيام العواصف في محطة الجفر

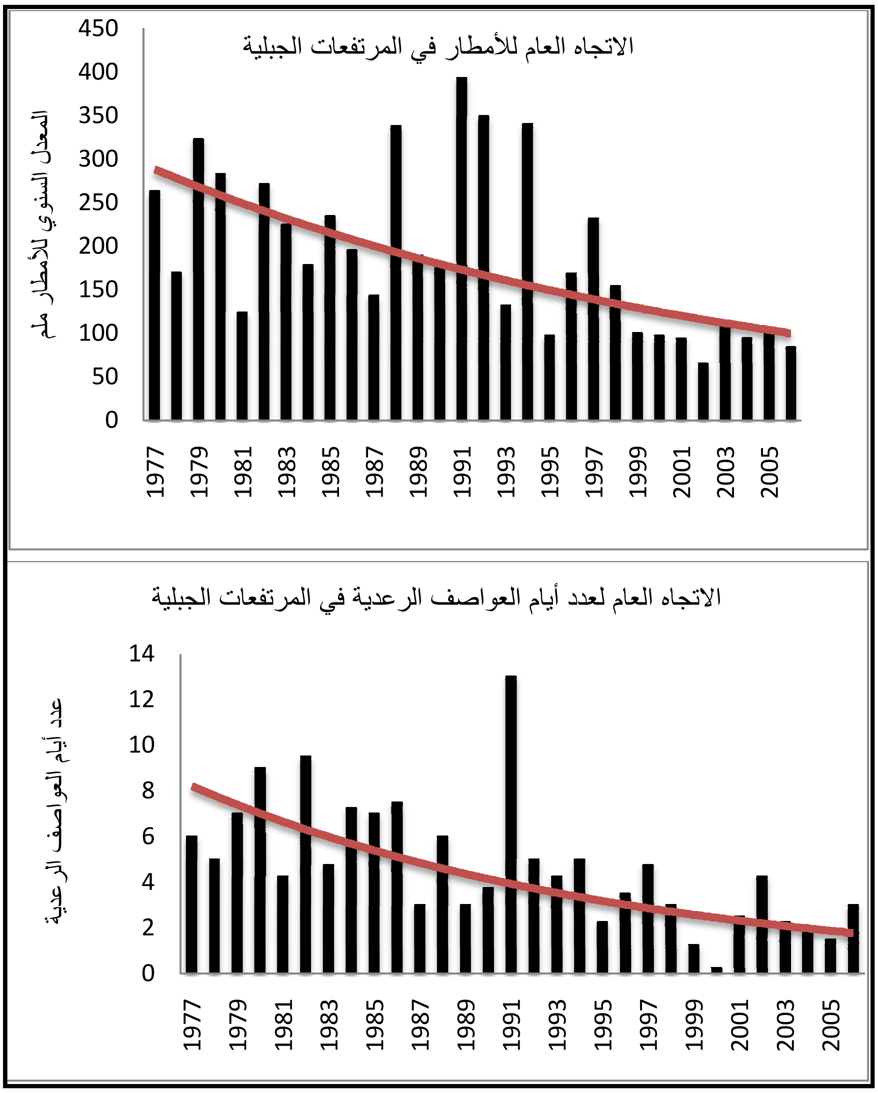
5.4 العلاقة بين الاتجاه العام لعدد أيام العواصف الرعدية والأمطار

تساهم العواصف الرعدية بنسبة غير قليلة من المجموع الكلي للأمطار في الأردنّ، وكما هو معلوم فإنّ الأمطار شديدة الغزارة ترتبط بالعواصف الرعدية غالباً، وقد سجلت بعض المحطات في الأردنّ كميات قياسية من الأمطار المصاحبة للعواصف الرعدية هطلت في فترة زمنية قصيرة لا تتجاوز الساعة الواحدة، وفاقت نصف المعدل السنوي لبعض المحطات.

وينعكس تناقص الاتجاه العام لعدد أيام العواصف الرعدية بشكل مباشر على الاتجاه العام للأمطار السنوية، إذ يؤدي أي نقص محتمل بعدد أيام العواصف الرعدية لنقص مماثل في كميات الأمطار الهاطلة وللتأكد من صحة ذلك، تمّ اختباره في المناطق الرئيسة التي تشكل مجمل الأراضي الأردنّية: وادي الأردنّ، المرتفعات الجبلية، المنطقة الصحراوية؛ بهدف التعرف على العلاقة القائمة بين الاتجاه العام لعدد أيام العواصف الرعدية والاتجاه العام للأمطار.

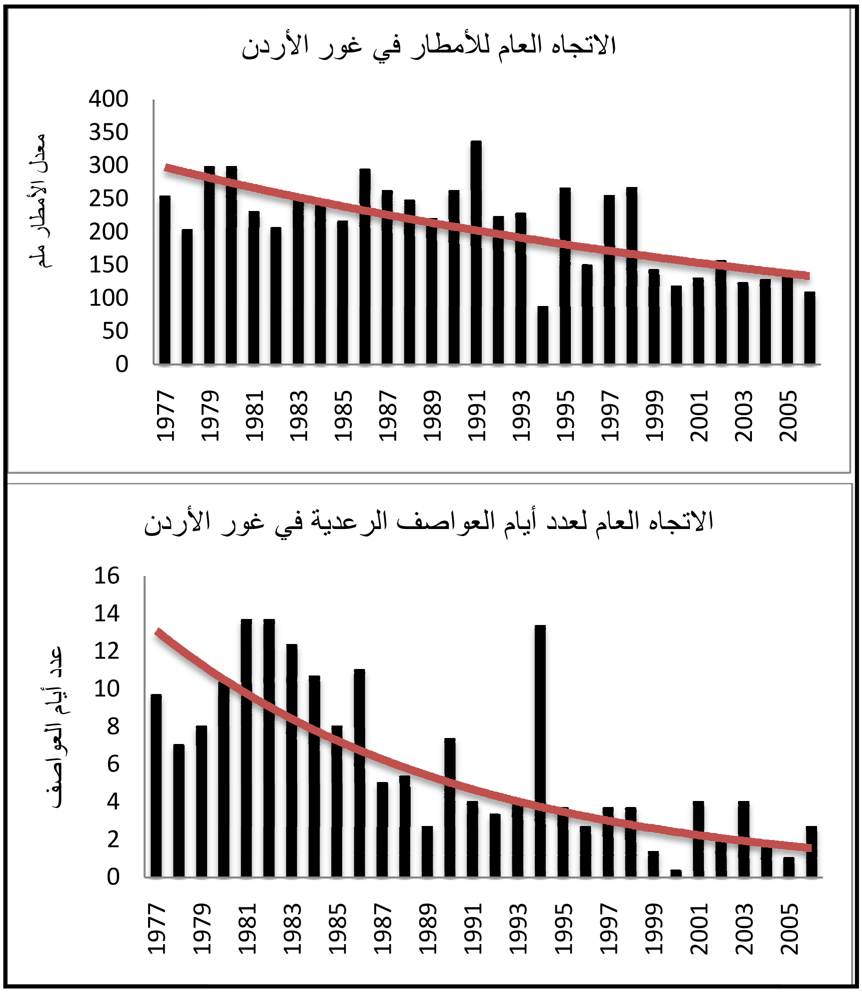
ومن خلال مقارنة الاتجاه العام لعدد أيام العواصف الرعدية في منطقة المرتفعات الجبلية مع الاتجاه العام للأمطار السنوية، وجد أنهما أخذا اتجاهاً متشابها بدرجة كبيرة خلال فترة الدراسة من 1977- 2006، كما يُظهر ذلك الشكل (38) الذي يبيّن العلاقة بين الاتجـــاه العام للأمطار وعدد أيام العواصف في المرتفعات الجبلية.

والنتيجة السابقة تنطبق تماماً على منطقة وادي الأردنّ، انظر للشكل (39) وعلى المنطقة المنطقة الصحراوية، انظر للشكل (40)، وهذا يعني وجود علاقة طردية بين تناقص عدد أيام العواصف الرعدية وتناقص الامطار السنوية في الأردنّ.



إعداد الباحث عن بيانات دائرة الأرصاد الجوية للفترة 1977- 2006.

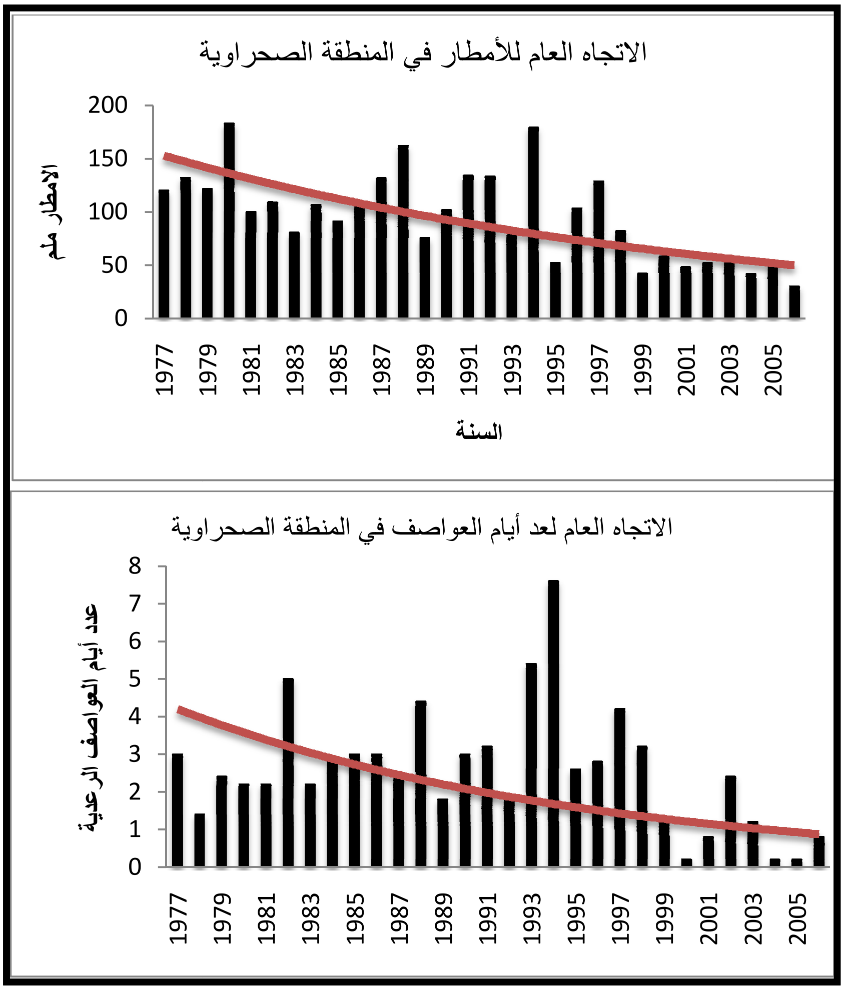
شكل رقم (38): العلاقة بين الاتجاه العام للأمطار والاتجاه العام لعدد أيام العواصف الرعدية في المرتفعات الجبلية خلال الفترة الممتدة من 1977 – 2006.



إعداد الباحث عن بيانات دائرة الأرصاد الجوية للفترة 1977- 2006.

شكل رقم (39)

العلاقة بين الاتجاه العام للأمطار والاتجاه العام لعدد أيام العواصف الرعدية في غور الأردنّ خلال الفترة الممتدة من 1977 – 2006.



إعداد الباحث عن بيانات دائرة الأرصاد الجوية للفترة 1977- 2006.

شكل رقم (40)

العلاقة بين الاتجاه العام للأمطار والاتجاه العام لعدد أيام العواصف الرعدية في المنطقة الصحراوية خلال الفترة الممتدة من 1977 – 2006.

الفصل الخامس

الظروف الجوية المصاحبة للعواصف الرعدية في الأردن

- **تمهيد**

1.5 الظروف الجوية السطحية

2.5 الظروف الجوية العلوية

3.5 أشكال الهطول المرافقة للعواصف الرعدية

1.3.5 الأمطار

2.3.5 البرد

4.5 حالة دراسية

1.4.5 التغيرات السطحية في العناصر الجوية

2.4.5 التغيرات الرأسية في العناصر الجوية

- **تمهـــيد**

تؤثر عناصر المناخ في بعضها البعض؛ لذا فإنّ أيّ حالة اضطراب جوي تسهم في حدوث تغيّرات فجائية في عناصر الحالة الجوية، كما أنّ العواصف الرعدية من حالات عـــدم الاستقرار التي تترافـــق بظروف جوية استثنائية؛ ناتجة عن التحولات السريعة والمؤقتة في العناصر الطقسية السطحية والعلوية، ودراسة هذه الظروف أمر لا يُختلف في أهميته، لارتباطه المباشر بحياة السكان ونشاطاتهم، وعليه فإنّ التغيرات التي تطرأ على الحالة الجوية التي تصحب العواصف الرعدية في الأردنّ يمكن أن نتناولها على النحو الآتي:

1.5 الظروف الجوية السطحية:

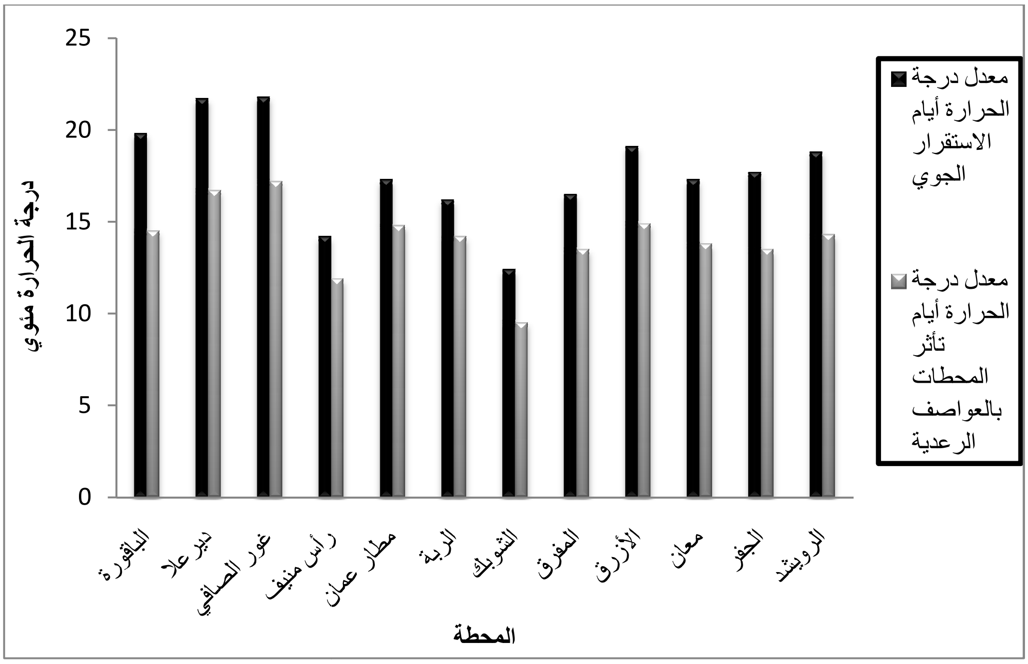
يرافق تشكّل العاصفة الرعدية، حدوث مجموعة من التغيرات الفجائية على الحالة الجوية السطحية، لا سيما عندما تمر العاصفة بمرحلة النضج، وفيما يلي عرض لأهمّ هذه التغيرات:

- **درجة الحرارة**

تعدّ درجة الحرارة من أكثر عناصر المناخ أهمية، نظراً لأنها تؤثر على بقية العناصر الأخرى من ضغط جوي ورياح ورطوبة، كما تعدّ مقياساً للطاقة الموجودة في الغلاف الجوي، وهي أكثر العناصر الجوية تأثيراً وتأثراً في تشكل العواصف الرعدية؛ كونها أساساً رئيساً لتطور التيارات الهوائية وصعودها للأعلى، التي يزيد نشاطها وتشتدّ قوتها بإتساع الفارق بين درجة الحرارة السطحية والعلوية في طبقات الجو.[1]

وتنخفض درجة الحرارة قبيل تشكل العواصف الرعدية مع تطور حالة عدم الاستقرار الجوي، إذ يعمل تدفق الهواء البارد المرافق لها نحو السطح مع التيارات الهابطة على خفض درجة الحرارة السطحية، ويوضح الشكل (41) الفرق بين درجة الحرارة السطحية المصاحبة للعواصف الرعدية في محطات الدراسة، بالمقارنة مع معدلها في الأيام المستقرة.

1- يحيى فرحان وآخرون، المدخل إلى الجغرافية الطبيعية، ط1 (جمعية عمال المطابع التعاونية، عمان: 1991) ص: 34.



إعداد الباحث عن بيانات دائرة الأرصاد الجوية للفترة 1999-2008.

شكل رقم (41)

مقدار التغير في معدل درجة الحرارة أيام تأثر المحطات بالعواصف الرعدية بالمقارنة مع أيام الاستقرار الجوي خلال فترة الدراسة.

ويلاحظ من خلال الشكل (41) أنّ هناك فرق واضح بين درجة حرارة المحطات أيام العواصف ودرجة حرارتها أيام الاستقرار، ويتراوح هذا الفرق بين 2 م° في محطة رأس منيف و6 م° في محطة الباقورة، وبين هاتين القيمتين تتراوح باقي المحطات.

– الضغط الجوي

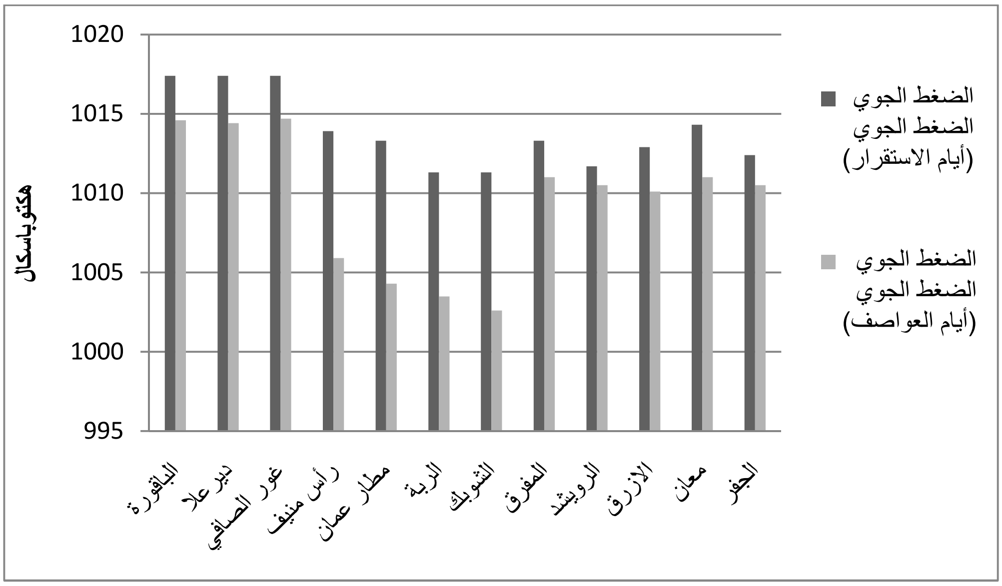
يختلف الضغط الجوي من مكان إلى آخر على سطح الأرض، كما يختلف من فترة زمنية إلى أخرى؛ بسبب ارتباطه بالارتفاع عن مستوى سطح البحر، وارتباطه بمعدلات درجة الحرارة والرطوبة وتشكّل المنخفضات الجوية وغيرها من الظروف الأخرى.[1]

ويؤثر توزع درجة الحرارة بشكل كبير على الضغط الجوي، حيث يعمل ارتفاعها الحرارة على تسخين الهواء الملامس لسطح الأرض، ورفعه إلى أعلى فيصبح مركزاً لتجمع الهواء من

1- إبراهيم العرود، مبادىء المناخ الطبيعي، ط1 (دار الشروق، عمان: 1997) ص: 147.

المناطق المحيطة به، مما يؤدي لخفض معدل الضغط الجوي الذي له دور بالغ على الأحوال الجوية، بينما انخفاض درجة الحرارة يؤدي إلى تقلص الهواء وازدياد كثافته وبالتالي يرتفع ضغطه.[1]

ويبيّن توزع الضغط الجوي في محطات الدراسة ميله للانخفاض عند بداية تشكل العاصفة الرعدية، وما أن تبلغ العاصفة مرحلة النضج تنشط حركة التيارات الصاعدة والهابطة مع بقاء الضغط الجوي منخفضاً حتى تلاشت العاصفة، انظر للشكل (42) الذي يبيّن الفرق في معدل الضغط الجوي أيام الاستقرار بالمقارنة مع أيام العواصف في الأردنّ.



إعداد الباحث عن بيانات دائرة الأرصاد الجوية للفترة 1999-2008.

شكل رقم (42)

معدل الضغط الجوي أيام الاستقرار وأيام العواصف الرعدية في محطات الدراسة في الفترة من 1999 - 2008

ويظهر من الشكل السابق (42) أنّ مقدار الانخفاض الذي طرأ على الضغط الجوي في محطات الدراسة بلغ معدله 5 ملليبار أيام العواصف بالمقارنة مع الأيام المستقرة، ويتزايد مقدار الانخفاض في الضغط الجوي بالارتفاع عن مستوى سطح البحر، إذ بلغ معدل الضغط الجوي أيام العواصف 1002.6 ملليبار بالمقارنة مع 1011.3 ملليبار أيام الاستقرار في محطة

1 – علي البنا، أسس الجغرافية المناخية والنباتية، مرجع سابق، ص: 56.

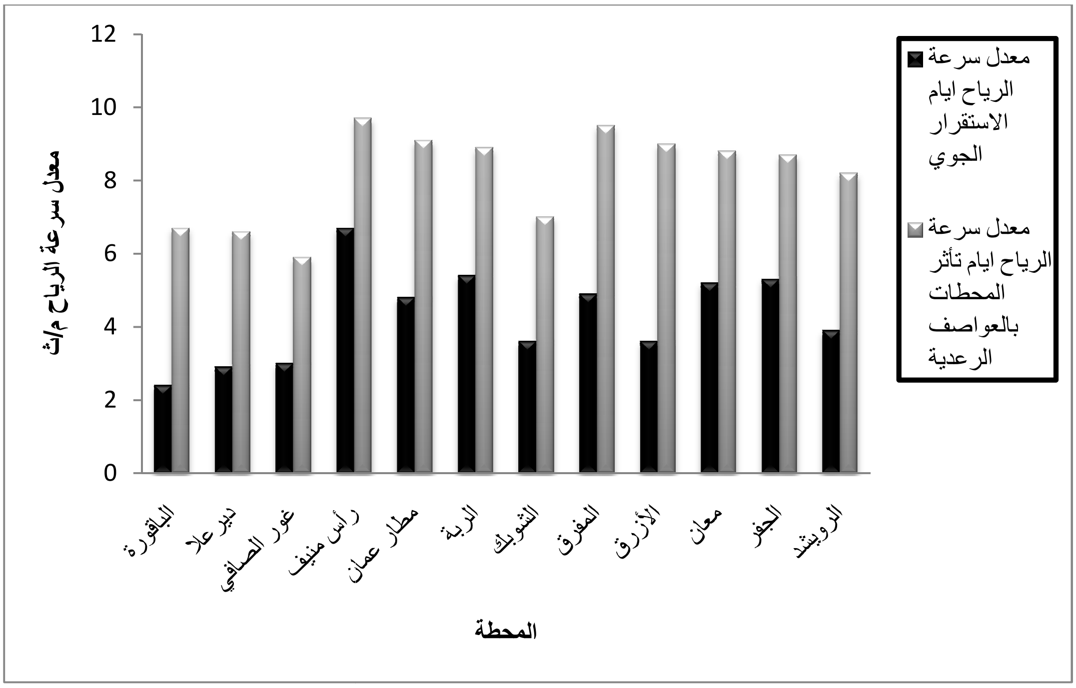
الشوبك الواقعة على ارتفاع 1365 متراً فوق مستوى سطح البحر بانخفاض قدره 8.7 ملليبار، في حين بلغ مقدار الانخفاض على الضغط الجوي في محطة ديرعلا الواقعة على ارتفاع 224 متراً تحت مستوى سطح البحر نحو 2.7 ملليبار في الأيام العاصفة بالمقارنة مع الأيام المستقرة.

- اتجاه الرياح وسرعتها

هواء الغلاف الجوي في حركة دائمة تتراوح ما بين النسيم الخفيف إلى العواصف القوية المدمرة، وتؤدي الرياح في هذا النشاط دوراً هاماً، كما تعدّ من عناصر المناخ الرئيسة التي تسهم في تكون العواصف؛ حيث تعمل على رفع الهواء للأعلى وبالتالي تطور الخلايا الرعدية، ثم تصطدم التيارات الهوائية الهابطة بسطح الأرض، وتنتشر بسرعة كبيرة باتجاه حركة العاصفة، لذا تنشط الرياح وتزيد سرعتها في المناطق التي تمر فيها العاصفة الرعدية.

ويقع الأردنّ تحت تأثير رياح مختلفة الاتجاه والسرعة، حيث يلاحظ استمرارية تغير سرعتها واتجاهها مكانياً وزمانياً، لذا فهي تختلف من مكان لآخر ومن فصل لآخر.

وفيما يتعلق بسرعة الرياح في الأردنّ فتعدّ معتدلة بشكل عام، ومع ذلك ترتفع سرعتها في بعض الأوقات من السنة؛ بسبب بعض الظروف السينوبتيكية آنفة الذكر، وللتعرف على التغيرات التي تطرأ على سرعة الرياح خلال تأثر حطات الدراسة بالعواصف الرعدية، انظرالشكل (43) الذي يبيّن الفرق في معدل سرعة الرياح في المحطات أيام العواصف بالمقارنة مع معدل سرعتها في الأيام المستقرة.



إعداد الباحث عن بيانات دائرة الأرصاد الجوية للفترة 1999-2008.

شكل رقم (43)

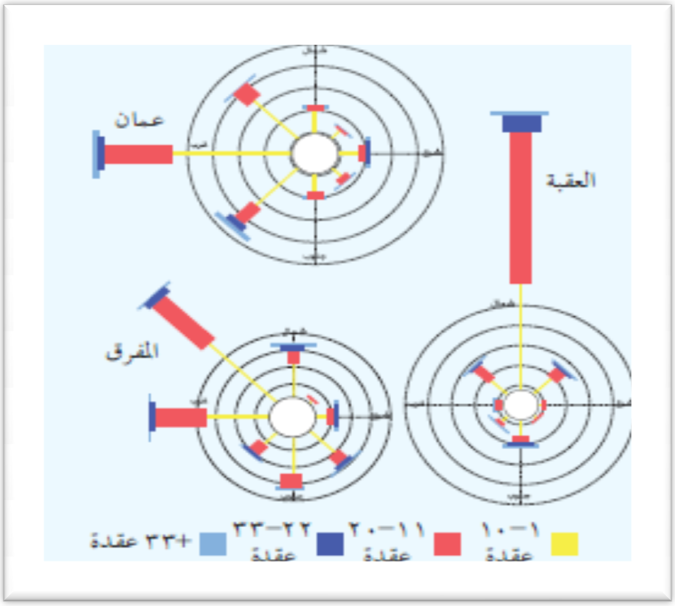
معدل سرعة الرياح أيام العواصف الرعدية ومعدل سرعتها في الأيام المستقرة

ونلاحظ من الشكل السابق تزايد سرعة الرياح بشكل ملحوظ أيام العواصف، حيث بلغ معدل سرعة هبات الرياح المفاجئة في المحطات كافة أيام العواصف 8.2 م/ث بالمقارنة مع 4.3 م/ث أيام الاستقرار.

ويظهر من الشكل (44) الذي يمثل وردة الرياح لمحطة عمان المرتفعات الجبلية، ووردة المفرق المنطقة الصحراوية، ووردة العقبة لمنطقة وادي الأردنّ. الاختلاف في اتجاهات الرياح بين أقاليم الأردنّ الجغرافية، حيث يسوده في الأيام المستقرة الرياح الغربية باستثناء منطقة الأغوار التي تسودها رياح شمالية؛ بسبب طبيعة تضاريس المنطقة المحاطة بالمرتفعات الجبلية من الغرب والشرق، إذ يشكل وادي الأردنّ مجرى للرياح الشمالية.

وتسود في الأيام العاصفة الرياح الشمالية الغربية التي تصحب العواصف الرعدية المرافقة لمنخفضات البحر المتوسط خلال الشتاء، إضافة إلى تعرضها للرياح الجنوبية الشرقية التي

تصحب العواصف الرعدية المرافقة للمنخفضات الخماسينية ومنخفضات البحر الأحمر خلال فصلي الربيع والخريف.



المصدر: دائرة الأرصاد الجوية، 2009.

شكل رقم (44)

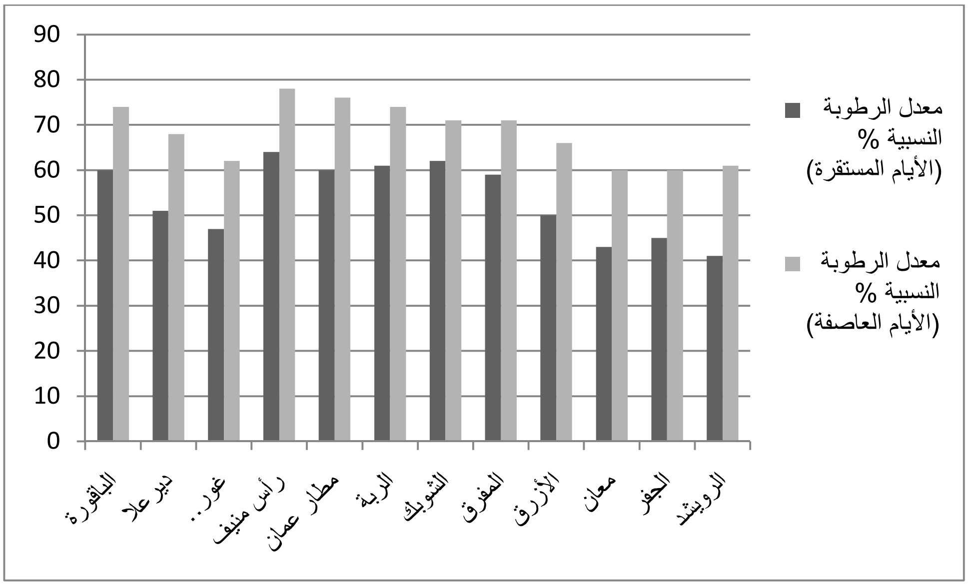
وردة الرياح في الأردنّ.

- الرطوبة الجوية:

تمثل الرطوبة الجوية Atmospheric Moisture مجمل ما يحتويه الهواء من بخار الماء، وتأتي أهميتها من كونها المصدر الرئيس لكافة أشكال التكاثف، حيث تلعب هذه الرطوبة دوراً هاماً في الطقس والمناخ، فهي عامل أساسي في تكوين السحب ومظاهر الهطول المختلفة، وتحدث هذه المظاهر كما أسلفنا عندما تنخفض درجة حرارة الهواء إلى ما دون درجة حرارة نقطة الندى، وأكثر تعبيرات الرطوبة الجوية استعمالاً هي الرطوبة النسبية Reletive Humedity التي تعني نسبة رطوبة الجو الفعلية إلى ضغط بخار الماء.[1]

1- إبراهيم العرود، مبادىء الجغرافية الطبيعية، مرجع سابق، ص: 116-118.

ولتعرّف التغيرات التي تطرأ على كمية الرطوبة في الغلاف الجوي، عند تعرض محطات الدراسة للعواصف الرعدية، انظر الشكل (45) الذي يبين معدل الرطوبة النسبية لأيام العواصف بالمقارنة مع الأيام المستقرة.



إعداد الباحث عن بيانات دائرة الأرصاد الجوية للفترة 1999-2008.

شكل رقم (45)

معدل الرطوبة النسبية للأيام التي تتأثر فيها محطات الدراسة بالعواصف الرعدية بالمقارنة مع معدلها أيام الاستقرار الجوي خلال الفترة 1999 - 2008.

حيث يلاحظ من خلال الشكل السابق أنّ الرطوبة النسبية تميل للارتفاع في الطبقة السفلى من الغلاف الجوي بنسبٍ تتراوح مـــا بين 15 – 20 % تقريباً أيام العواصف في المحطات كافة.

2.5 الظروف الجوية الرأسية:

يصاحب العواصف الرعدية تغيرات جوية في الطبقات العليا من التروبوسفير، ولتعرّف هذه التغيرات تمّ تحديد الحالة الجوية العليا اعتماداً على بيانات محطة راديو سوند المفرق، وهي على النحو الآتي:

- درجة الحرارة:

تتناقص درجة الحرارة مع الارتفاع بانتظام تدريجي حتى نهاية طبقة التروبوسفير، ويعدّ توزعها مع الارتفاع عاملاً أساسياً في تطور حالات عدم الاستقرار الجوي، وبالتالي تشكل العواصف الرعدية، والجدول (11) يبيّن التغير في معدل درجة الحرارة على مستويات ضغط جوي مختلفة في ظروف العواصف الرعدية بالمقارنة مع الظروف المستقرة.

جدول رقم (11)

التغير في معدل درجة الحرارة على مستويات ضغط جوي مختلفة في ظروف العواصف الرعدية بالمقارنة مع الظروف المستقرة في الأردنّ.

الضغط الجوي (ملليبار)	درجة الحرارة م° في الظروف العاصفة	درجة الحرارة م° في الظروف المستقرة
1000	10.4	11
850	9.2	10
700	4.3-	-1.2
500	23.2-	-17.5
400	35.8-	-28.2

المصدر: دائرة الأرصاد الجوية، بيانات محطة راديوسوند المفرق للفترة 1999-2008.

ويُظهر الجدول السابق تفاوت الانخفاض في درجة الحرارة في الأيام العاصفة بتفاوت مستوى الضغط الجوي، فقد بلغت 10.4 م° عند مستوى 1000 ملليبار ثم انخفضت عند مستوى 850 ملليبار لتصبح 9.2 م° و-4.3 م° عند مستوى 700 ملليبار. أما في المستويات العليا من الغلاف الجوي (مستويات ضغط منخفضه) فقد تدنت درجة الحرارة بشكل

ملحوظ، إذ بلغت –23.2 م° عنـــد مستوى الضغط 500 ملليبار ونحـــو - 35.8 م° عند مستوى 400 ملليبار.

وكذلك نرى من الجدول السابق (11) أنّ الفرق في درجة الحرارة خلال الأيام العاصفة بالمقارنة مع الأيام المستقرة بلغ عند مستوى 1000 ملليبار 0.6 م° ليرتفع عند مستوى 850 ملليبار إلى 0.8 م° ثم 3.1 م° وعند مستـــوى 700 ملليبار، أمّا عند المستويات العليا في التروبوسفير فقد اتسع الفارق بين درجة الحرارة الأيام العاصفة والأيام المستقرة ليبلغ 4.9 م° عند مستوى 500 ملليبار ونحو 7.6 م° عند مستوى 400 ملليبار.

- **الرطوبة الجوية**

يكون الهواء رطباً في الاجزاء الدنيا والوسطى من طبقة التروبوسفير في الأيام العاصفة، وينخفض الفرق بين درجة الحرارة ودرجة حرارة نقطة الندى حتى مستوى 850 ملليبار، مما يعني ارتفاع نسبة الرطوبة الجوية عند ذلك المستوى، وهذا يعطي دلالة واضحة على تشكل السحب المنخفضة، وكما هو معلوم فإنّ نسبة الرطوبة في الغلاف الجوي تعتمد بشكل أساسي على الفرق بين درجة الحرارة من جهة ودرجة حرارة نقطة الندى من جهة أخرى، فكلما اتسع الفارق بينهما انخفضت نسبة الرطوبة الجوية وكلما قل الفارق ارتفعت نسبتها.

ويوضح الجدول (12) الفرق بين درجة الحرارة ودرجة حرارة نقطة الندى عند مستويات ضغط مختلفة في الأيام العاصفة بالمقارنة مع الأيام المستقرة، ويظهر من خلاله أن الفرق بين درجة الحرارة ودرجة حرارة نقطة الندى كان منخفضاً على جميع المستويات الضغطية من 1000 ملليبار – 400 ملليبار في الأيام العاصفة بالمقارنة مع الأيام المستقرة، مما يعني إرتفاع الرطوبة النسبية على تلك المستويات في لأيام العاصفة وانخفاضها في الأيام المستقرة.

جدول رقم (12)

الفرق بين درجة الحرارة ودرجة حرارة نقطة الندى عند مستويات ضغط مختلفة في الأيام العاصفة بالمقارنة مع الأيام المستقرة

مستوى الضغط ملليبار	الفرق بين درجة الحرارة ودرجة حرارة نقطة الندى م° في الأيام العاصفة	الفرق بين درجة الحرارة ودرجة حرارة نقطة الندى م° في الأيام المستقرة
1000	1.7	4.2
850	1.9	5.3
700	2.1	12.6
500	5.3	10.3
400	9.7	10.9

المصدر: دائرة الأرصاد الجوية، بيانات محطة راديوسوند المفرق للفترة 1999-2008.

- درجة حرارة نقطة الندى

تؤدي درجة حرارة نقطة الندى دوراً بالغ الأهمية في تطور العواصف الرعدية، وكما هو معلوم فهي تتناقص مع الارتفاع في طبقات الجو العليا، انظر للجدول (13) الذي يبيّن التناقص في درجة حرارة نقطة الندى بالارتفاع إلى أعلى عند مستويات ضغط مختلفة في الأيام العاصفة بالمقارنة مع الأيام المستقرة.

جدول رقم (13)

درجة حرارة نقطة الندى عند مستويات ضغط مختلفة في الأيام العاصفة والأيام المستقرة.

الضغط الجوي (ملليبار)	درجة حرارة نقطة الندى م° في الأيام العاصفة	درجة حرارة نقطة الندى م° في الأيام المستقرة
1000	4.3	7.3
850	2.1-	1.4-
700	20 -	16-
500	37-	28-
400	46-	36-

المصدر: دائرة الأرصاد الجوية، بيانات محطة راديوسوند المفرق للفترة 1999-2008.

ونرى من الجدول السابق أنّ التناقص الذي طرأ على درجة حرارة نقطة الندى في الأيام العاصفة أكبر منه في الأيام المستقرة، حيث كانت درجة حرارتها عند مستوى 1000 ملليبار 4.3 م° تدنت لـ - 2.1 م° عند مستوى 850 ملليبار في الأيام العاصفة، في حين بلغت - 1.4 م° عند نفس المستوى في الأيام المستقرة، بفارق قدره 0.5 م°.

وبدأ التناقص يزيد بشكل كبير بعد مستوى 700 ملليبار لتصبح درجة حرارتها - 37 م° عند مستوى 500 ملليبار في الأيام العاصفة بالمقارنة مع - 28 م° في الأيام المستقرة عند نفس المستوى، ونحو - 46 م° عند مستوى 400 في الأيام العاصفة بالمقارنة مع - 36 م° في الأيام المستقرة عند نفس المستوى.

– الضغط الجوي

ينخفض الارتفاع الذي تكون عنده مستويات الضغط الجوي المختلفة، في الأيام التي يتأثر فيها الأردنّ بتشكل العواصف الرعدية بالمقارنة مع الأيام المستقرة، ويتزايد هذا الانخفاض في ارتفاع مستويات الضغط بتزايد شدة حالة عدم الاستقرار الجوي التي أدت إلى تشكل هذه العواصف انظر للجدول (14) الذي يبين تغير ارتفاع مستوى الضغط الجوي أثناء تشكل العواصف الرعدية في الأردنّ.

جدول رقم (14)

مقدار التغير في معدل ارتفاع مستوى الضغط الجوي في الأيام العاصفة بالمقارنة مع الأيام المستقرة

الضغط الجوي (ملليبار)	الارتفاع / م في الأيام العاصفة	الارتفاع / م في الأيام المستقرة
1000	924	938
850	1479	1507
700	3057	3067
500	5636	5713
400	7273	7295

المصدر: دائرة الأرصاد الجوية، بيانات محطة راديوسوند المفرق للفترة 1999-2008.

ويلاحظ من الجدول السابق أن الضغط الجـــوي عند مستوى 1000 ملليبار انخفض ليصبح عند ارتفاع 924 م في الأيام العاصفة بالمقارنة مع ارتفاعه 938 م في الأيام المستقرة، ويبدو أيضاً أن الفرق في ارتفاع الضغط الجوي بين الأيام المستقرة والعاصفة يتسع بشكل ملحوظ بعد مستوى 700 ملليبار ليبلغ أعلاه في منتصف طبقة التروبوسفير تقريباً، حيث كان ارتفاع مستوى الضغط 500 ملليبار 5636 م في الأيام المستقرة بالمقارنة مع 5713 م في الأيام المستقرة.

- اتجاه الرياح وسرعتها

يلاحظ من الجدول (15) التغير الذي يطرأ على سرعة الرياح أيام العواصف الرعدية خـــلال طبقات الجو بالمقارنة مع سرعتها في الأيام المستقرة،

جدول رقم (15)

معدل سرعة الرياح على مستويات ضغط مختلفة أيام العواصف الرعدية بالمقارنة مع الأيام المستقرة

مستوى الضغط (ملليبار)	سرعة الرياح (م/ث) أيام العواصف	سرعة الرياح (م/ث) أيام الاستقرار
1000	2.9	1.5
850	14.2	13.4
700	21	19.3
500	32.6	30.6
400	43.5	40.6

المصدر: دائرة الأرصاد الجوية، بيانات محطة راديوسوند المفرق للفترة 1999-2008.

يلاحظ من الجدول السابق حدوث تغير واضح في سرعة الرياح خلال طبقات الجو العليا أيام العواصف الرعدية، حيث تتزايد سرعتها بشكل مضطرد بالارتفاع بالمقارنة مع الأيام المستقرة. فقد بلغ معدل سرعة الرياح 1.5 م/ث عند مستوى 1000 ملليبار في الأيام المستقرة، في حين بلغ هذا المعدل 2.9 م/ث في الأيام العاصفة عند نفس المستوى وبفارق قدره 1.4 م/ث.

وفيما يتعلق باتجاه الرياح انظر للجدول (16) الذي يبيّن معدل اتجاه الرياح على مستويات ضغط مختلفة في الأيام العاصفة بالمقارنة مع الأيام المستقرة، وفيه نجد اتجاه الرياح السائد خلال الأيام العاصفة هو الشمالي الشرقي حتى مستوى 1000 ملليبار، ثم بعد هذا المستوى يسود الاتجاه الجنوبي الغربي، ويمكن تفسير سيادة الاتجاه الجنوبي الغربي للرياح بوقوع الحوض العلوي البارد غالباً في غرب منطقة شرق البحر المتوسط.

جدول رقم (16)

معدل اتجاه الرياح على مستويات ضغط مختلفة في الأيام العاصفة بالمقارنة مع الأيام المستقرة

مستوى الضغط (ملليبار)	اتجاه الرياح (درجة) في الأيام العاصفة	اتجاه الرياح (درجة) في الأيام المستقرة
1000	69.5	52.6
850	217.3	217.2
700	235.6	235
500	237.6	254.3
400	240.3	252.8

المصدر: دائرة الأرصاد الجوية، بيانات محطة راديوسوند المفرق للفترة 1999-2008.

ويتضح كذلك من الجدول (16) أن الاختلاف في اتجاه الرياح بعد مستوى 500 ملليبار أكثر وضوحاً (وإن كان طفيفاً) حيث يكون اتجاه الرياح في الأيام المستقرة عند هذا المستوى شمال جنوب غرب (254.3 درجة) يتحول إلى جنوب غرب (273.6 درجة) وهذا التغير في الاتجاه ينطبق عند مستوى 400 ملليبار.

لقد كان من نتيجة تعرض الأردنّ للعواصف الرعدية، حدوث تغيرات رأسية على العناصر الجوية، تتمثل في انخفاض درجة الحرارة ودرجة حرارة نقطة الندى، وارتفاع الرطوبة النسبية، وتناقص معدلات الضغط الجوي، كذلك تغير اتجاه الرياح وتزايد سرعتها، وثمة شكل آخر من الظروف الجوية التي تصحب العواصف الرعدية، تتمثل بالهطول وهو ما سيتم بحثه في الموضوع التالي.

3.5 اشكال الهطول المرافق للعواصف الرعدية

يطلق لفظ هطول على جميع الأشكال المائية التي تسقط من الجو إلى الأرض، ويعرّف بأنه الماء في حالته السائلة أو أشكاله الصلبة (الثلج والبرد) الذي يسقط على الأرض، وعلى الرغم من تشابه آلية حدوث الهطول في الغلاف الجوي، غير أنّ له خصوصية معينة عندما يصاحب العواصف الرعدية، ويمكن تناول أشكال الهطول على النحو الآتي:

1.3.5 الأمطـــــار Rain Fall

تعدّ الأمطار أهمّ مظاهر الهطول التي يتحول فيها بخار الماء من حالته الغازية إلى السائلة في طبقات الجو العليا، وهي بشير خير ونذير شؤم على حد سواء، بشير خير لأننا نستخدم منها المياه العذبة في الشرب والزراعة وتغذية الخزانات الجوفية، وغير ذلك من الاستخدامات البشرية المختلفة، ونذير شؤم لما يترتب عليها من فيضانات قد تكون خطيرة ومدمرة في أغلب الأحيان.

ويهطل المطر المصاحب للعواصف الرعدية من السحب التي تتكون في الهواء الصاعد، حيث يصعد بخار مع التيارات الهوائية الصاعدة ضمن الغلاف الجوي، فيبرد ما يحمله من بخار ماء ثم يتكاثف، فلا تعود التيارات قادرة على حمله، فيسقط على شكل زخات غزيرة، تعتمد كميته على عاملين هما: كمية بخار الماء التي يحملها الهواء، ثم درجة الحرارة في طبقات الجو العليا.(1)

وينهمر المطر من السحب الرعدية على شكل وابل بغزارة شديدة على مساحات محدودة خلال فترة زمنية قصيرة.(2) لذا يمكن تفسير الجريان السطحي الشديد الناتج عن هذه الأمطار، بالامتداد الشاقولي الكبير للسحب الرعدية وامتدادها الأفقي المحدود، الأمر الذي يسمح لهطول كميات كبيرة من الأمطار على رقعة جغرافية محدودة، كما يساهم ذوبان

[1] – جودة حسنين، أسس الجغرافية العامة، ط1 (دار المعارف، الاسكندرية: 2004) ص: 308.

[2] – نعمان شحادة، علم المناخ، ط1 (مطبعة النور النموذجية، عمان: 1983) ص: 189.

حبات البرد وبلورات الثلج أثناء مرورها خلال الهواء الفاصل بين مستوى التجمد وسطح الأرض في زيادة غزارة الأمطار وشدتها.

ويمكننا التمييز بين فئتين من الأمطار التي تصحب العواصف الرعدية تبعاً للمساحة التي تهطل عليها:-

الأولى: هـــي الأمطار التي تقترن بخلايا التصعيد المبعثرة Convectional Cells، حيث تتراوح مساحة المنطقة التي تهطل عليها الأمطار في هذه الحالة ما بين 20 – 50 كم^2، وتتراوح مدة العاصفة الرعدية بين نصف ساعة إلى ساعة واحدة، وقد تترافق كذلك بهطول زخات متقطعة من البرد.

الثانية: هي الأمطار التي تمتد على شكل نطاقات طولية مع امتداد خطوط العواصف Squal Line، وقد يتراوح عرض النطاق ما بين 20 – 100 كم ويصل طوله إلى مئات الكيلو مترات.[1]

وعلى الرغم من اختلاف العواصف الرعدية المؤثرة على الأردنّ من حيث توزعاتها المكانية والزمانية، واختلاف شدّة الظروف الجوية المصاحبة لها، إلاّ أنها تترافق بهطول المطر الذي تعتمد شدته على مجموعة من العوامل أهمها:[2]

1. الظروف السينوبتيكية المؤدية لتشكل العواصف الرعدية، وقد تم الإشارة اليها في الفصل الثاني من الدراسة.
2. عمق المنخفضات الجوية المرافقة لتلك العواصف، فكلما زاد المنخفض الجوي عمقاً، زادت كميات الأمطار المرافقة له وكانت أكثر شدّة.
3. المسارات التي تسلكها المنخفضات ومدة تمركزها فوق المنطقة، وقد تم بحث ذلك بشكل مفصل في الفصل الأول من الدراسة.

---

[1]- Barry, R, G. and Chorley, R, j., Atmosphere, Weather AND Climate, Op. Cit. p-p: 76-77.

[2] – صبابحة، مرجع سابق، ص: 140.

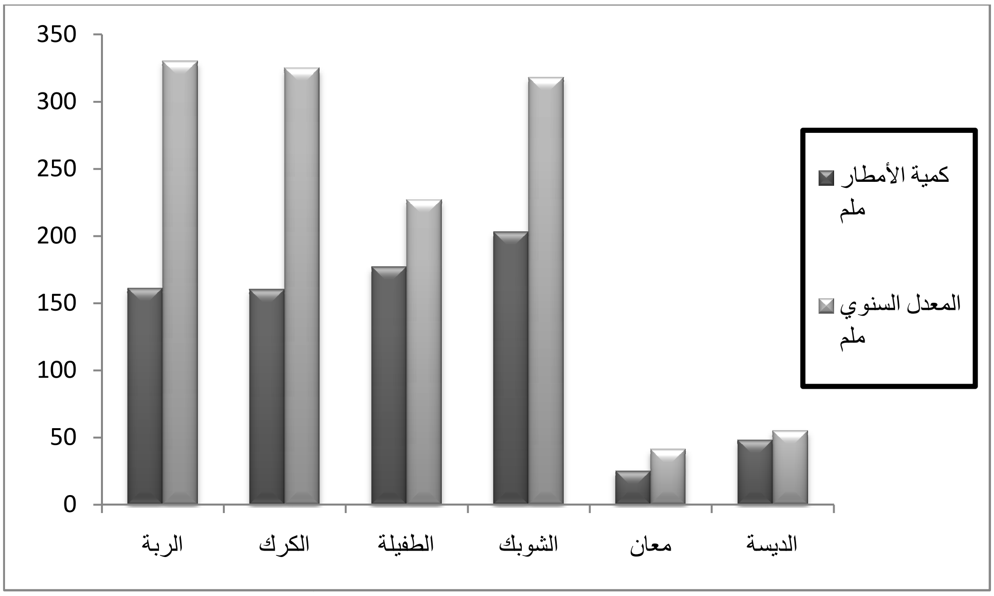
4. حركة الرياح العليا، ومواقع الأحواض العلوية الباردة وامتدادها، حيث تؤثر في زيادة الحركة الرأسية للهواء الدافىء المرافق للمنخفض الجوي السطحي، مما يؤدي لتعمقه وزيادة فعاليته.

وتختلف كمية الهطول وغزارته من عاصفة رعدية إلى أخرى، لذا ارتأينا سوق المثال الآتي للوقوف على كمية وشدة الهطول الذي يترافق بالعواصف الرعدية المؤثرة على الأردنّ.

فقد تميز يومي 22 و 23 من شهر آذار لعام 1991، بتأثر الأردنّ بسلسلة من العواصف الرعدية رافقت جبهة هوائية باردة غير مستقرة، هطل بسببها كميات كبيرة من الامطار خاصة على المناطق الجنوبية من المملكة[1]، لاحظ الشكل (46) الذي يبيّن كميات الأمطار الهاطلة على بعض المحطات الجنوبية من الأردنّ، بالمقارنة مع المعدل السنوي للأمطـــار في تلك المحطات.

ويلاحظ كذلك من الشكل (46)، أن كمية الأمطار الهاطلة التي رافقت العواصف الرعدية خلال هذان اليومان تجاوزت نصف المعدل السنوي في جميع المحطات، حيث بلغت 50 % من مجموع المعدل السنوي للأمطار في محطتي الكرك والربة، وبلغت 61 % من مجموع المعدل السنوي في محطة معان، في حين بلغت 64 % من المعدل السنوي لأمطار محطة الشوبك، ثم 78 % من معدل أمطار محطة الطفيلة، وأخيراً بلغت 89 % من المعدل السنوي للأمطار في محطة الديسه.

1- علي غانم، الأحوال الجوية المتصلة بفيضان آذار 1991 في المناطق الجنوبية من الأردنّ، مرجع سابق، ص :10.



المصدر: وزارة المياه والري، بيانات يومية للأمطار يوم 22-23 آذار 1991.

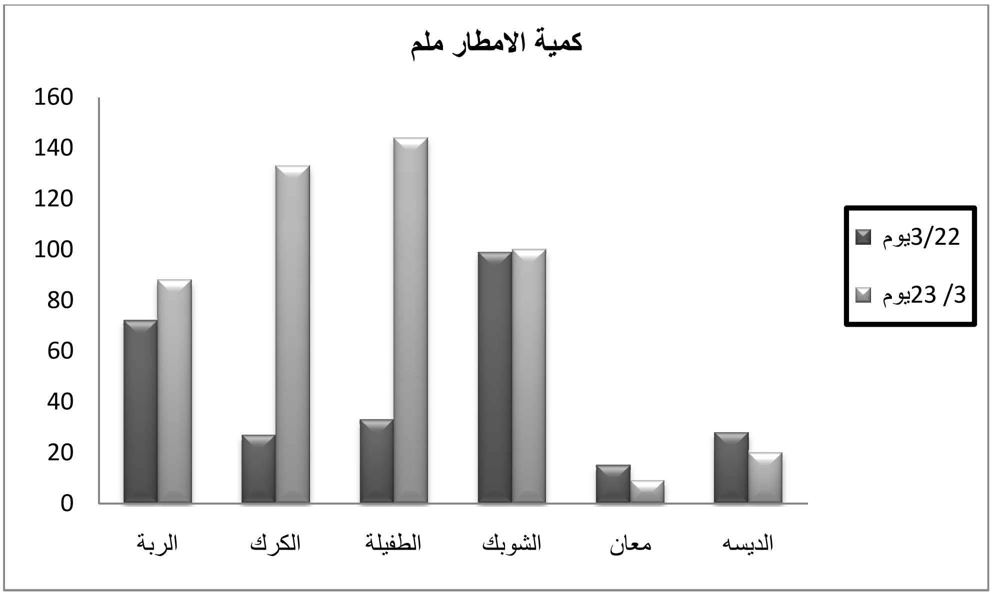
شكل رقم (46)

كميات الأمطار الهاطلة على المحطات الجنوبية من المملكة خلال الأيام (22 و 23) آذار 1991 بالمقارنة مع معدلها السنوي

– شدّة المطر خلال يوم 22 - 23 آذار عام 1991

لقد توزع هطول المطر في المحطات آنفة الذكر على فترات مختلفة، حيث بدأ بشكل غزير من الساعة الثانية حتى الرابعة بعد الظهر في اليوم الأول، غير أنه كان أكثر شدة وأعلى كمية خلال اليوم التالي، انظر الشكل (47) الذي يبيّن توزع كميات الأمطار خلال يوم 22 – 23 آذار.

ويتضح من الشكل (47) أن يوم 23 آذار سجل هطول كميات كبيرة من الأمطار في معظم المحطات، بلغ اعلاها 144 ملم في محطة الطفيلة، يليها الكرك 133 ملم، والشوبك 100 ملم والربة 88 ملم، في حين سجلت محطات الديسة ومعان كميات أقل خلال اليوم التالي 23 آذار.



شكل رقم (47)

توزع كميات الأمطار على المحطات خلال يوم 22 - 23 آذار 1991.

وفيما يتعلق بالشدة المطرية انظر للجدول (17) الذي يبيّن كمية الأمطـــار الهاطلـــة خلال فترات مختلفة بين الساعة 10 صباحاً – 10 مساءً على محطات الكـــرك والطفيلة يـــوم 23/ 3/ 1991.

جدول رقم (17)

مجموع الهطول التراكمي في محطات الكرك والطفيلة يوم 23 / 3 / 1991

المحطة / الفترة الزمنية	الكرك (مجموع الهطول التراكمي ملم)	الطفيلة (مجموع الهطول التراكمي ملم)
20 دقيقة	11	14
30 دقيقة	12.2	18
ساعة	19.2	31
ساعتان	37.2	42
3 ساعات	44.8	49
6 ساعات	79	81.2
12 ساعة	132.6	144.2

المصدر: وزارة المياه والري، بيانات يومية للأمطار يوم 22-23 آذار 1991.

ويتضح من الجدول السابق (17) أنّ الشدة المطرية أكبر في اليوم الثاني بالمقارنة مع اليوم الأول، حيث سجلت محطة الطفيلة 31 ملم/ساعة وسجلت 19.2 ملم/ساعة في الكرك صباح 23 آذار، وتواصل هطول المطر بشدة أقل حتى الساعة الثانية من بعد الظهر، كما اختلفت شدة الأمطار من فترة إلى أخرى، فسجلت 14 ملم خلال 20 دقيقة في محطة الطفيلة ونحو 11 ملم خلال 20 دقيقة في الكرك.[1]

2.3.5 البـــــــرَد Hail

يعرّف البرد على أنه هطول صلب على شكل كـــرات جليدية، يبلغ قطر الواحدة منها نحو 1.5 سم، وقد يصل قطر بعض حباته الكبيرة إلى نحو 10 سم، ويزيد وزن الواحدة منها على نصف كغم، وهو يعدّ من أكثر الظواهر الجـــوية التي تمتاز بشدة تبـــاين توزعها المكاني والزماني، ولهـــذا فإنه قد يسقط في مكان ولا يسقط في مكان آخر قريب منه.[2]

ويتشكّل البرد في الجزء الأعلى من السحابة بفعل التيارات الهوائية الصاعدة، ويتطلب ذلك تياراً هوائياً تزيد سرعته على 45 كم/ الساعة، لذلك يتناسب حجم حبات البرَد تناسباً طرديا مع قوة التيار الهوائي المتجه للأعلى، أي أنه كلما كان التيار الهوائي المتجه للأعلى قوياً كان حجم البرد أكبر، وعندما يزيد وزنه ويعجز عن حمله فإنه سيسقط باتجاه سطح الأرض.[3]

ويرتبط تكون البرد بتجمد قطيرات الماء المتكاثف في الأجزاء العليا من السحابة حول نويات تكاثف جليدية، حيث يلاحظ عدم تكونه في كل أجزاء السحابة، بل يتكون في أجزاء محددة تتصف بالاضطراب والتهيج، ولو نظرنا إلى الشكل (48) الذي يبيّن آلية تشكل

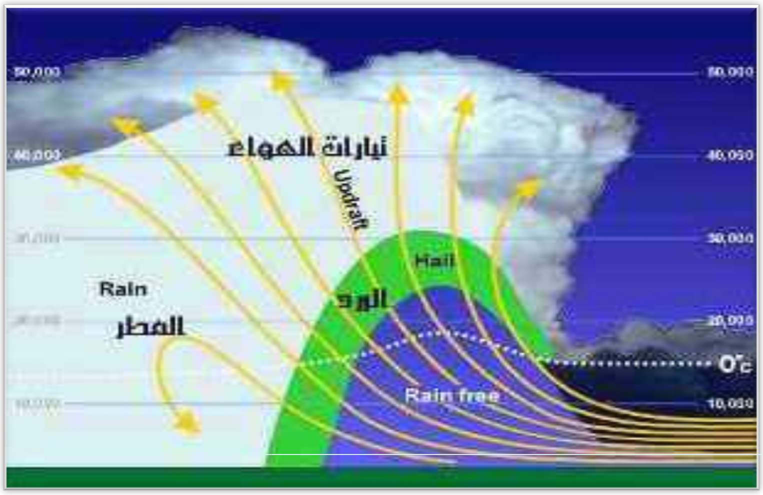
---

1 - علي غانم، مرجع السابق، ص:11.

2 - إبراهيم العرود، مبادىء الجغرافية الطبيعية، مرجع سابق، ص:134.

3- Reihl, H., 1965, Introduction to the Atmosphere, Op. Cit. pp: 107-111.

البرد، لوجدناه يتشكل ضمن منطقة مرتفعة في السحابة تشبه الجبل (المنطقة الخضراء) ويخرج كذلك من مناطق محددة، بعكس المطر الذي يخرج من مختلف أجزاء السحابة.(1)



المصدر: الكحيل، 2008.

شكل (48)

آليــة تشــكل الـــــبرد

كذلك يلاحظ أنّ حبات البرد – لا سيما الكبيرة – تتكون من طبقات متعاقبة، مما يعني أنّ التكاثف حول النواة الأصلية قد تمّ على فترات مختلفة، ويؤكد ذلك الشكل (49) الذي يبيّن مقطع عرضي لحبات برد، حيث نرى في الشكل عدد من الحلقات على شكل طبقات متعدّدة،وهذا ما يعني تعدّد مراحل تشكل البرد.



المصدر: الكحيل، 2008.

شكل (49): مقطــــع عرضي لحبـــــات من الــــــبرد

[1]- Browning, K. A., 1968, The organization of sever local storms, weathe, 23, p p: 429-434.

ويقترن تشكل البرد ببعض العوامل الجوية، وهذه العوامل تفسر اقتران بعض العواصف الرعدية بتساقط البرد، في حين أنّ بعضها الآخر لا يترافق بتساقطه ويمكن إجمالها كما يلي:

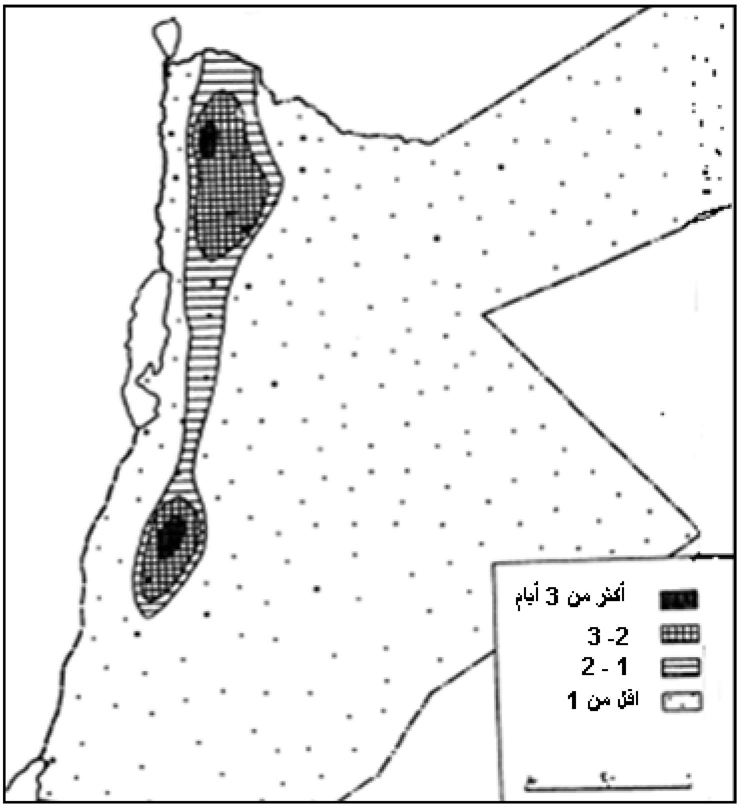
1. انخفاض درجة الحرارة في طبقات الجو العليا، بحدود تتراوح بين -12 إلى -35 م°.
2. ارتفاع نسبة بخار الماء في الطبقات السفلى من الغلاف الجوي.
3. أن تكون حركة الرياح في طبقات الجو العليا اعصارية تساعد على تجمع الهواء وارتفاعه.
4. وجود اختلاف كبير في سرعة الرياح واتجاهها بالارتفاع للأعلى.
5. انخفاض درجة حرارة الهواء القريب من سطح الأرض، بحيث لا يكون خط الحرارة المتساوي صفراً مرتفعاً كثيراً عن سطح الأرض، لكي لا يذوب البرد قبل وصوله سطح الأرض.

وتحدث معظم العواصف الرعدية المترافقة بسقوط البرد في الأردنّ خلال فصل الشتاء، يليه فصل الربيع، ونادراً ما تترافق عواصف الخريف بسقوط البرد باستثناء بعض الحالات النادرة خلال شهر تشرين الثاني، ولعــل السبب في ذلك يعــود لارتفاع درجة الحرارة في الطبقة الجوية القريبة من سطح الأرض خــلال فصل الخريف، ممــا يجعل البرد يذوب قبل أن يصل السطح.(1)

وبدراسة التوزع الجغرافي لعدد أيام البرد في الأردنّ، يلاحظ من خلال الخريطة (22) التوزع الجغرافي لعدد أيام سقوط البرد، ، ندرة حدوثه في معظم أنحاء الأردنّ، حيث يعتبر نادر الهطول في منطقة وادي الأردنّ، والمنطقة الصحراوية في الجنوب والشرق، غير أنّ أكثر مناطق هطوله المرتفعات الجبلية، وهذا يفسر العلاقة القائمة بين هطوله ومنسوب سطح

1- نعمان شحادة، مناخ الأردن، مرجع سابق، ص: 175

الأرض، وبالتالي فإن منطقة المرتفعات تحقق شرط انخفاض درجة حرارة الهـــواء القريب من سطح الأرض، وهو الشرط الـــذي يصعب تحققه في المنطقة الغورية والصحراوية.



المصدر: شحادة، 1991.

خريطة رقم (22)

التوزع الجغرافي لعدد أيام سقوط البرد في الأردنّ.

4.5 حـــــالة دراسيـــة

تمتاز العواصف الرعدية بعنف الظروف الجوية المرافقة لها، وغالبا ما تكون مصحوبة بأمطار غزيرة وأحوال جوية سيئة، وقد تعرض الأردنّ خلال فترة الدراسة لعدد كبير من حالات عدم الاستقرار الجوي التي ترافقت بالعواصف الرعدية، تراوحت شدتها بين الخفيفة والمتوسطة والعنيفة.

وقد اختيرت حالة عدم الاستقرار الجوي التي بدأ تأثيرها على الأردنّ يوم 25 شباط 2010، بهدف التعرف على التغيرات الجوية السطحية والرأسية التي طرأت على حالة الجو خلال فترة التأثير، وتعتبر هذه الحالة من حالات عدم الاستقرار الجوي النموذجية التي يمكن دراستها.

وتم تتبع حركة المنخفض الجوي من بداية تأثيره في الأردنّ يوم 25 شباط عام 2010. عندما ظهر على خرائط الطقس السطحية وترافق بوجود منخفض جوي علوي ظهر على خرائط الطقس العلوية عند مستوى 500 ملليبار، وانتهى تأثير هذه الحالة الجوية بعد ظهر يوم 27 شباط 2010، كما تم دراسة الظروف الجوية السطحية خلال يوم الاربعاء 24 شباط 2010 وهو اليوم الذي سبق تأثر الاردن بحالة عدم الاستقرار بهدف فهم التغيرات التي طرأت على حالة الجو في الأيام التي تلته.

1.4.5 التغيرات السطحية في العناصر الجوية

أدت الوضعية الجوية السابقة لحدوث تغيرات مهمة على حالة عناصر الجو السطحية (الضغط الجوي، درجة الحرارة، الرطوبة النسبية، سرعة الرياح واتجاهها، الأمطار) وفيما يلي عرض للتغيرات في كل يوم على حده:

- **يوم الأربعاء 2010/2/24**

كان الجو في هذا اليوم مستقرا، وكانت درجات الحرارة حول معدلها في مثل هذا الوقت من السنة، والجدول (18) يبين حالة عناصر الجو في هذا اليوم.

جدول رقم (18)

حالة عناصر الجو السطحية يوم الأربعاء 24 /2 /2010.

المحطة	درجة الحرارة م°	الضغط الجوي ملليبار	الرطوبة النسبية	سرعة الرياح م/ث	سرعة هبات الرياح م/ث	اتجاه الرياح درجة	الامطار ملم
إربد	12.2	1013.6	47 %	1.5	-	270 غربية	0
مطار عمان	11.7	1013.1	39 %	1.4	-	270 غربية	0
الربة	11.2	1013.4	42 %	1.4	-	270 غربية	0
معان	12.3	1014	38 %	1.5	-	270 غربية	0
مطار العقبة	18.3	1014.1	34 %	0	-	360 شمالية	0

دائرة الأرصاد الجوية الأردنية بيانات يومية ليوم 24 /2 /2010.

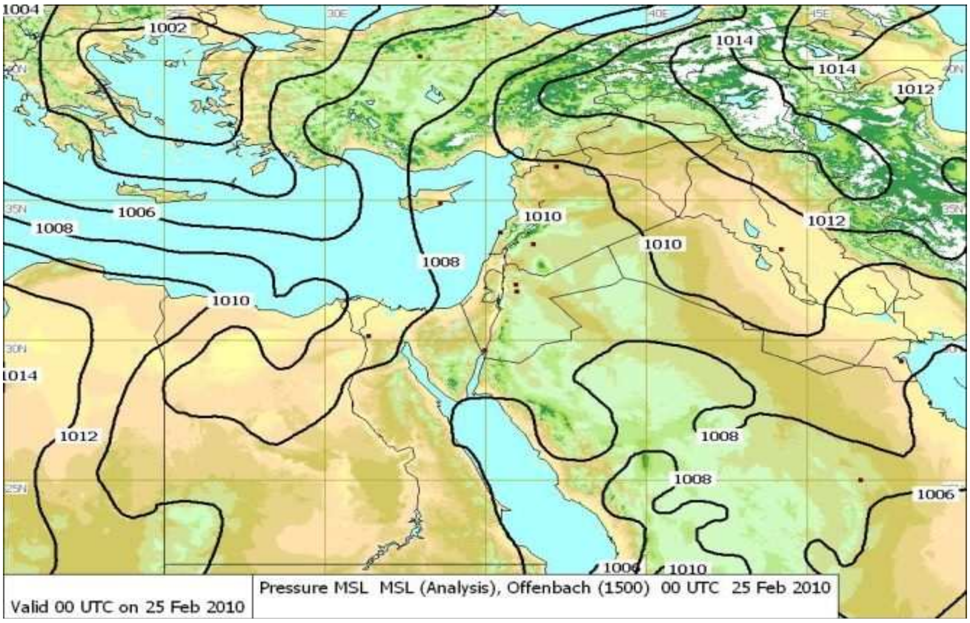
ويتضح من الجدول السابق أن حالة عناصر الجو السطحية كانت حول معدلاتها في مثل هذا الوقت من السنة، الحرارة تراوحت بين 11.2 م° – 18.3 م° في المحطات كافة، الرياح كانت غربية خفيفة إلى معتدلة السرعة، الرطوبة النسبية منخفضة والضغط الجوي حول معدلاته.

- **يوم الخميس 25 / 2 /2010**

بدأ الأردن يتأثر هذا اليوم بمقدمة منخفض جوي سطحي يتمركز إلى الشرق من تركيا خريطة (23) وكان مصحوباً بكتلة هوائية باردة، وفي طبقات الجو العليا عند مستوى 500 ملليبار خريطة (24) يظهر امتداد منخفض جوي علوي بارد اتجاه محوره شمالي غربي إلى جنوبي شرقي، أدى إلى زيادة قوة تأثير الحالة على السطح.

تأثير مُقدمة المنخفض الجوي نهار هذا اليوم كان على شكل حالة من عدم الاستقرار الجوي، بحيث هيأت الفرصة في ساعات الظهيرة لهطول زخات محلية من الأمطار في مختلف

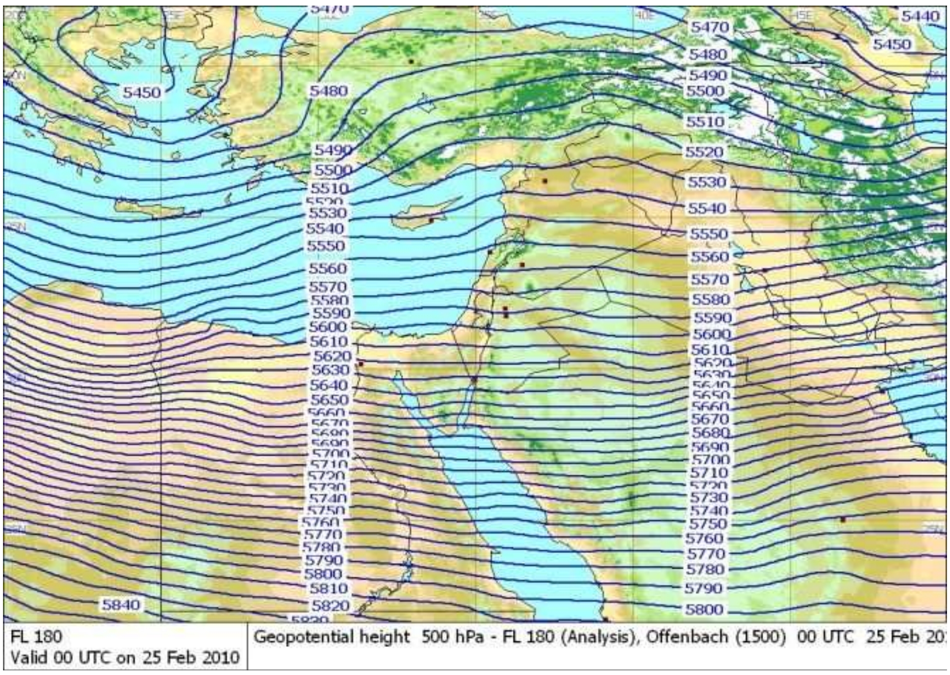
المناطق لا سيما الشمالية والوسطى، وقد اشتدت تدريجياً بحيث اصبحت بعد ساعات العصر غزيرة ومصحوبة بحدوث العواصف الرعدية وتساقط زخات البَرَد.



المصدر: دائرة لأرصاد الجوية الأردنية

خريطةرقم (23)

خريطةجوية سطحية يوم 2010/2/25



المصدر: دائرة لأرصاد الجوية الأردنية

خريطةرقم (24)

خريطةجوية علوية عند مستوى 500 ملليبار، يوم 2010/2/25

وقد أدت الوضعية الجوية السابقة إلى حدوث بعض التغيرات على حالة الجو السطحية بالمقارنة باليوم السابق، حيث هبت رياح غربية باردة ونشطة السرعة في كافة المناطق باستثناء مطار العقبة فقد كانت شمالية معتدلة السرعة، وطرأ انخفاض ملموس على درجات الحرارة بحيث أصبحت أدنى من معدلاتها في مثل هذا الوقت من العام، فبلغت في إربد 7.9 م° وفي مطار عمان 8 م° والكرك 9 م° ومعان 12 م° في حين بقيت حول معدلها في مطار العقبة 18 م°.

وطرأ ارتفاع على الرطوبة النسبية حيث تراوحت بين 60 % - 85 % في المحطات كافة. الضغط الجوي انخفض قليلاً وسجلت محطة إربد أعلى كمية هطول بلغ 38 ملم ثم مطار عمان 22 ملم والربة ومعان 20.7 ملم 13.3 ملم على التوالي، انظر الجدول (19) الذي يبين حالة عناصر الجو السطحية خلال هذا اليوم.

جدول رقم (19)

حالة عناصر الجو السطحية يوم الخميس 25 /2 /2010.

المحطة	درجة الحرارة م°	الضغط الجوي ملليبار	الرطوبة النسبية	سرعة الرياح م/ث	سرعة هبات الرياح م/ث	اتجاه الرياح درجة	الامطار ملم
إربد	7.9	1012.5	% 85	2.8	4.7	272 غربية	38
مطار عمان	8	1012.9	% 65	2.6	4.4	269 غربية	22
الربة	9	1012.7	% 75	2.7	4.4	264 غربية	20.7
معان	12	1013	% 60	2.8	4.7	270 غربية	13.3
مطار العقبة	18	1014.1	% 64	0	0	356 شمالية	0

دائرة الأرصاد الجوية الأردنية بيانات يومية ليوم 25 /2 /2010.

- **يوم الجمعة 26 /2 /2010**

استمر الطقس في هذا اليوم بارداً، حيث بقي الأردن تحت تأثير حالة عدم الاستقرار الجوي الناتجة عن استمرار تأثير الجبهة الهوائية الباردة المرافقة للمنخفض الجوي الذي اصبح مركزه جنوب سورية خريطة (25).

أما في طبقات الجو العليا عند مستوى 500 ملليبار وعلى ارتفاع 5460 م ازداد امتداد المنخفض العلوي البارد شرقاً ليزيد من تأثير المنخفض السطحي، وبالتالي تنشيط التيارات الهوائية الصاعدة انظر للخريطة (26).

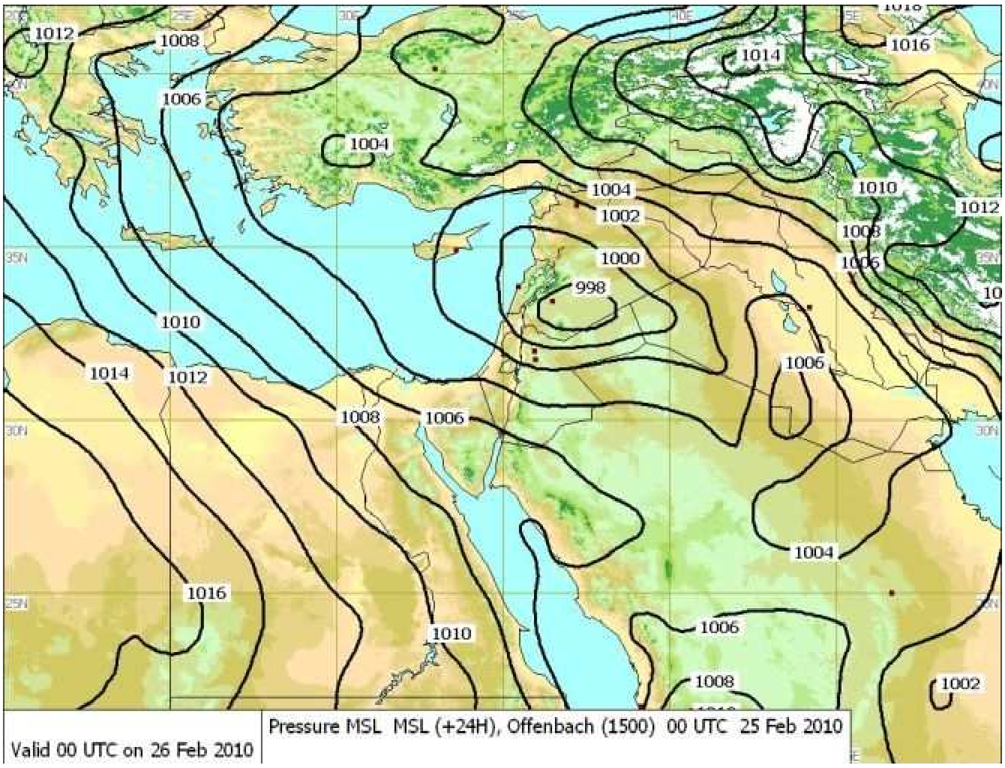
وكان الطقس في هذا اليوم بارداً جداً وعاصفاً وغائماً مع هطول الأمطار بغزارة في شمال ووسط وجنوب المملكة، وكانت الأمطار مصحوبة بحدوث العواصف الرعدية القوية، وهطل زخات غزيرة من البَرَد، انظر إلى الشكل (50) الذي يبين صورة لحبات البرد المتراكمة في هذا اليوم وقد تراوح سمكها بين 1 – 1.5 ملم تقريباً. الرياح كانت غربية نشطة السرعة مع هبات قوية على فترات مصحوبة بهبات شديدة في المناطق الجنوبية.



تصوير الباحث، 2010/2/26.

شكل رقم (50)

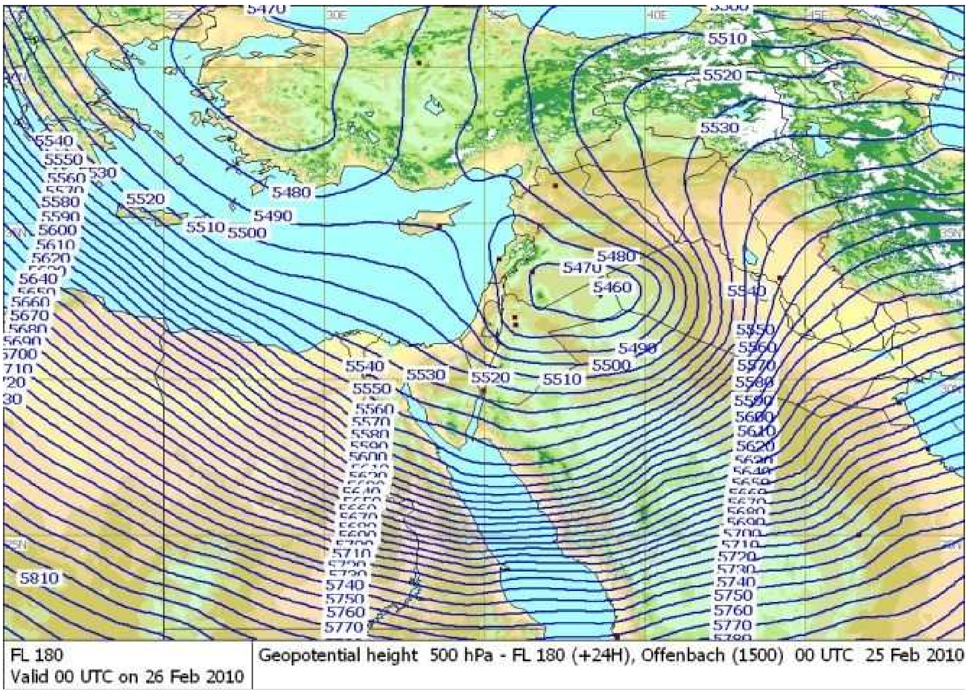
صورة لبعض حبات البرد المتراكمة يوم الجمعة 2010/2/26 الساعة 1.5 ظهراً في بلدة صرفا الواقعة غرب محطة الربة بـــ 10 كم.



المصدر: دائرة الأرصاد الجوية الأردنية.

خريطةرقم (25)

خريطةجوية سطحية يوم 2010/2/26



المصدر: دائرة الأرصاد الجوية الأردنية.

خريطة رقم (26)

خريطة جوية علوية عند مستوى 500 ملليبار يوم 2010/2/26.

في ساعات المساء ضعفت الأمطار المصحوبة بالعواصف الرعدية على المناطق الوسطى والشمالية، وبقي الطقس بارداً و مُتقلباً ما بين غائم جزئي وغائم مع هطول زخات مُتفرقة من الأمطار بين الحين و الآخر. الرياح كانت غربية نشطة السرعة. أما في المناطق الجنوبية فقد اشتد هطول الأمطار وكان مصحوباً بعواصف رعدية عنيفة، انظر الجدول (20) الذي يبين التغير الذي طرأ على حالة عناصر الجو السطحية في 2/26.

جدول رقم (20)

حالة عناصر الجو السطحية يوم الجمعة 26 /2 /2010.

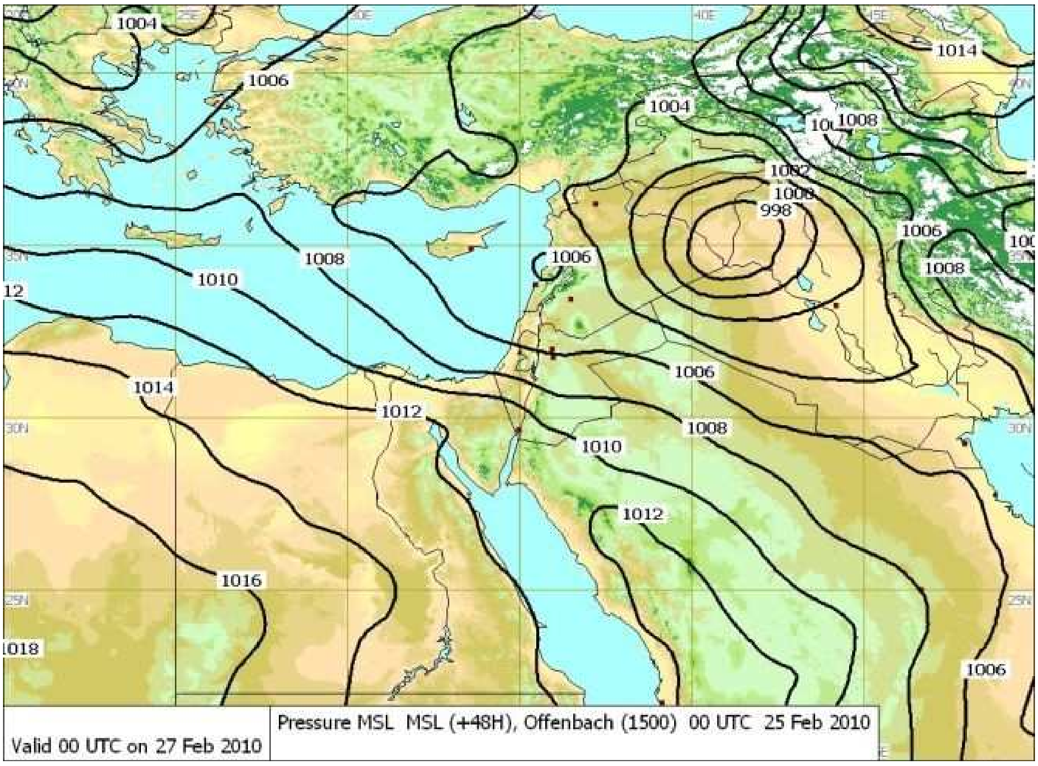
المحطة	درجة الحرارة م°	الضغط ملليبار	الرطوبة النسبية	سرعة الرياح م/ث	هبات الرياح م/ث	اتجاه الرياح درجة	الامطار ملم
إربد	6	1009.2	95 %	7.4	10.8	270 غربية	60.5
مطار عمان	6	1008.6	88 %	6.6	10.1	272 غربية	45.6
الربة	5	1008.1	95 %	6.1	9.8	269 غربية	99.4
معان	4	1009.4	95 %	6.8	10.9	267 غربية	23.4
مطار العقبة	12	1010.1	70 %	2.3	3.9	360 شمالية	5.3

دائرة الأرصاد الجوية الأردنية بيانات يومية ليوم 26 /2 /2010.

حيث يلاحظ من الجدول السابق هطول كميات كبيرة من الأمطار بلغ أقصاها في محطة الربة 99.4 ملم ثم إربد 60.5 ملم وأقلها العقبة 5.3 ملم، الرطوبة النسبية تراوحت بين 70 % - 95 % في المحطات كافة،والضغط الجوي منخفضاً وسرعة هبات الرياح تراوحت بين 3.9 م/ث في مطار العقبة و 10.8 م/ث في إربد.

- **يوم السبت 27 / 2 / 2010**

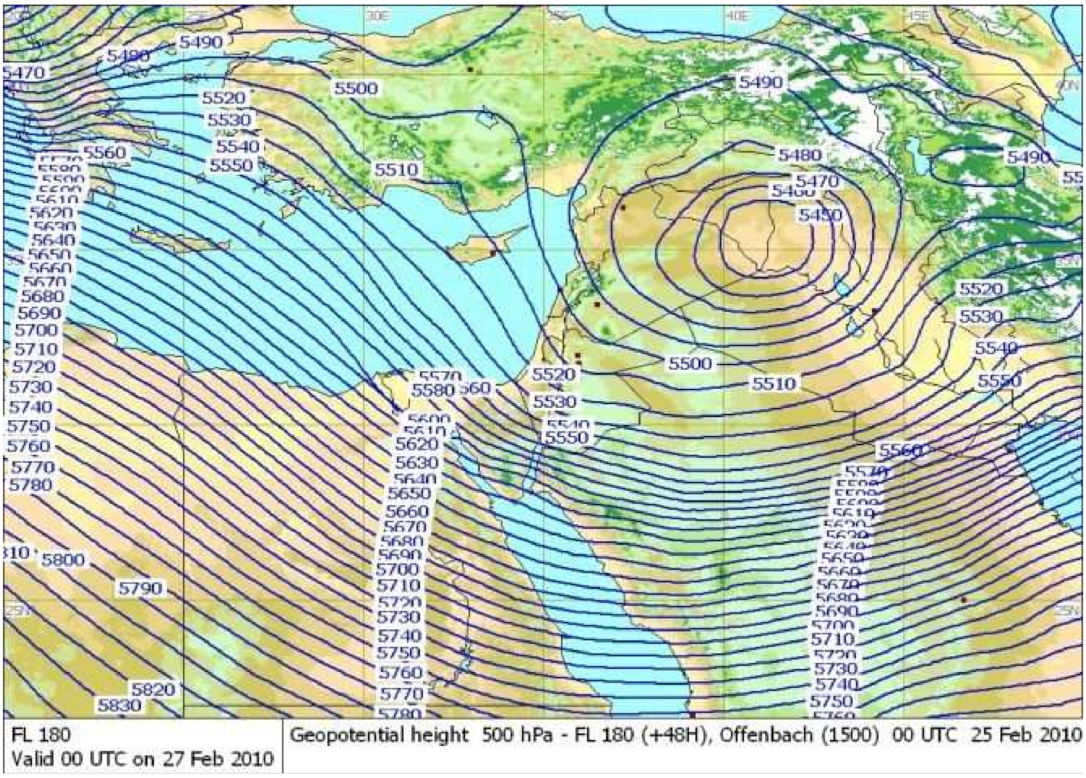
استمر تأثير الكتلة الهوائية الباردة المرافقة للمنخفض السطحي حتى ظهر هذا اليوم التي بلغت أقصى تأثير لها في اليومين السابقين، ويبدو ذلك واضحاً في الخريطة الجوية السطحية (27)،حيث تحرك المنخفض السطحي شرقاً واصبح مركزه شرق سورية، وترافق ذلك بتحرك المنخفض العلوي شرقاً خريطة علوية (28).



المصدر: دائرة الأرصاد الجوية الأردنية.

خريطةرقم (27)

خريطةجوية سطحية يوم 2010/2/27



المصدر: دائرة الأرصاد الجوية الأردنية.

خريطة رقم (28)

خريطة جوية علوية عند مستوى 500 ملليبار، يوم 2010/2/27

ونتيجة للوضعية الجوية السابقة توقف هطول الأمطار صباح هذا اليوم، وارتفعت درجات الحرارة نهاراً عما كانت عليه يوم الجمعة. الرياح تحولت إلى جنوبية غربية معتدلة السرعة، وانتهت الفعالية الجوية لحالة عدم الاستقرار الجوي المرافقة للجبهة الهوائية الباردة المؤثرة على المملكة خلال اليومين السابقين.

يبين الجدول (21) التغيرات التي طرأت على حالة الجو هذا اليوم بالمقارنة مع يوم الجمعة، حيث يلاحظ أنها ارتفعت نحو 6 درجات مئوية في كل من إربد ومطار عمان و 4 درجات في الربة 8 درجات في معان و 7 درجات في مطار العقبة. الرياح تتراوح سرعتها بين 0.5 – 1.6 م/ث، والضغط الجوي بدأ يعود قريباً من معدله حيث تراوح حول 1014 ملليبار في المحطات كافة باستثناء العقبة 1011 ملليبار.

جدول رقم (21)

حالة عناصر الجو السطحية يوم السبت 27 /2 /2010.

المحطة	درجة الحرارة م°	الضغط ملليبار	الرطوبة النسبية	سرعة الرياح م/ث	هبات الرياح م/ث	اتجاه الرياح درجة	الامطار ملم
إربد	12	1014	85 %	1.4	-	224 جنوبية غربية	0
مطار عمان	12	1014.2	60 %	1.2	-	227 جنوبية غربية	0
الربة	9	1014.9	80 %	1.6	-	225 جنوبية غربية	0
معان	12	1014.3	70 %	1.5	-	219 جنوبية غربية	0
مطار العقبة	19	1011.3	55 %	0.5	-	181 جنوبية	0

دائرة الأرصاد الجوية الأردنية بيانات يومية ليوم 27 /2 /2010.

2.4.5 التغيرات الرأسية في العناصر الجوية

تم تحديد حالة عناصر الجو الرأسية في الفترة الممتدة من 24 – 27 شباط 2010، بناءً على بيانات محطة راديوسوند المفرق، مع العلم أن وقت أخذ الرصدة لكل يوم الساعة 2 بعد الظهر حسب التوقيت المحلي لمدينة عمان، وتم تمثيل هذه البيانات على مخططات تيفجرام من قبل الباحث، وقد حصل على هذه المخططات من المركز الوطني الأردني للتنبؤات الجوية.

– يوم الأربعاء 2010/2/24

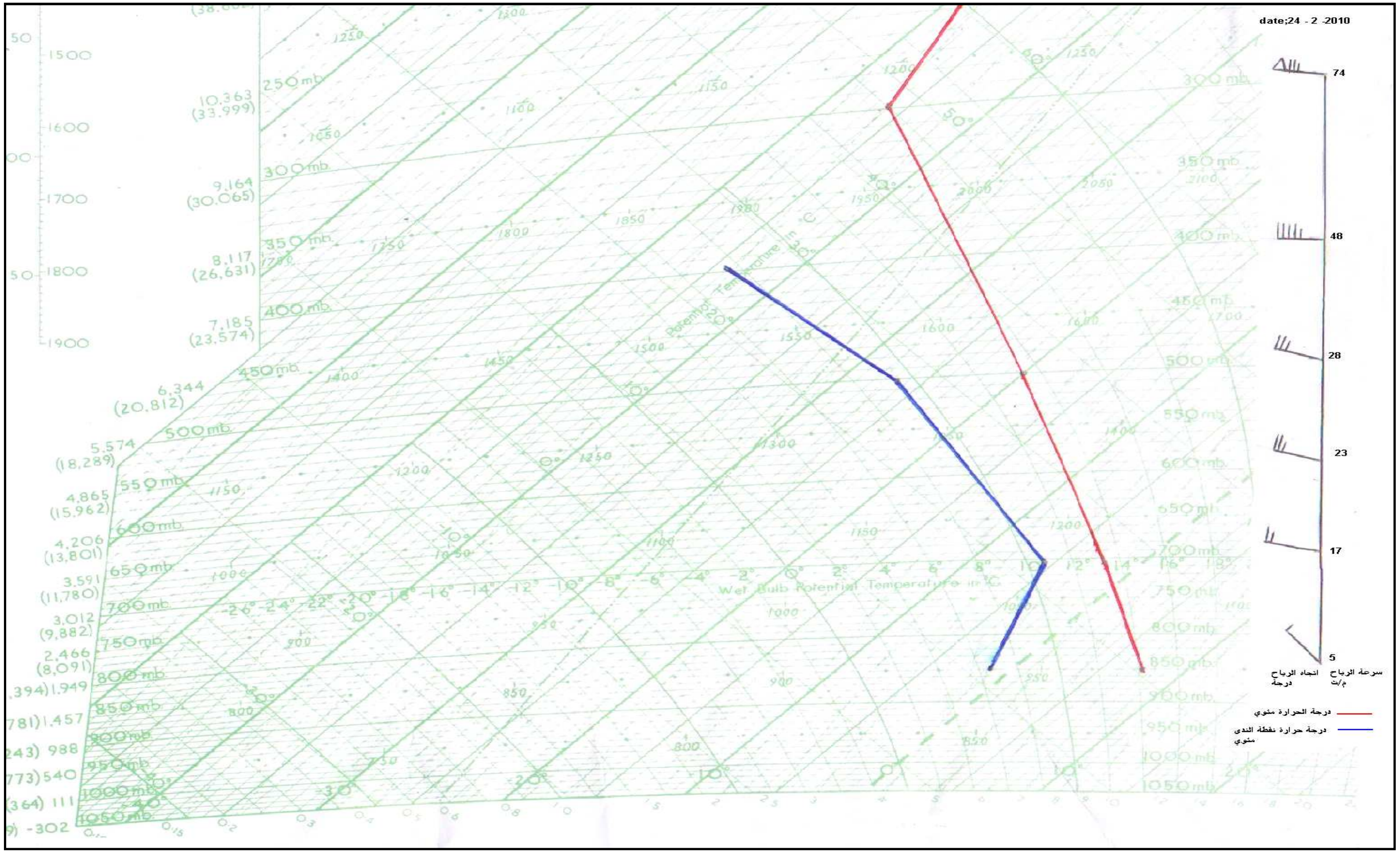
بلغت درجة الحرارة عند مستوى السطح 10.4 م° ودرجة حرارة نقطة الندى 8.2 م° والفارق بينهما 2.2 م°، وقد بلغ ارتفاع هذا المستوى الضغطي فوق الأردن هـــذا اليوم 933 م.

ومن تحليل مخطط التيفجرام شكل (51) الذي يمثل حالة عناصر الجو الرأسية قبل يوم من بدء تأثير حالة عدم الاستقرار الجوي على الأردن، تناقصت درجة الحرارة بالارتفاع حيث بلغت 7.8 م° عند مستوى 850 ملليبار، ودرجة حرارة نقطة الندى -1.5 م° وبلغ الفرق بينهما 9.3 م°، وهذا يدل على انخفاض نسبة الرطوبة الجوية حتى هذا المستوى الذي بلغ

ارتفاعه 1461 م. أما عند مستوى 700 ملليبار فقد بلغت درجة الحرارة -2.4 م^{o} ودرجة حرارة نقطة الندى -6 م^{o} والفرق بينهما 3.6 م^{o}، وقد بلغ ارتفاع هذا المستوى 3025 م.

انخفضت درجة الحرارة انخفاضاً ملحوظاً عند مستوى 500 ملليبار حيث بلغت 19.9 م^{o} ودرجة حرارة نقطة الندى -26.3 م^{o} والفرق بينهما 6.4 م^{o}، والفرق الكبير بين درجة الحرارة ودرجة حرارة نقطة الندى يدل على أنّ الرطوبة الجوية لا زالت منخفضة حتى هذا المستوى الذي بلغ ارتفاعه 5606 م. علماً أنّ معظم الاضطرابات الجوية التي تؤثر على سطح الأرض تحدث خلال هذه المستويات (من مستوى السطح إلى مستوى 500 ملليبار تقريباً).

اتجاهات الرياح كانت شمالية (350 درجة) عند مستوى السطح وشمالية غربية (320 درجة) عند مستوى 850 ملليبار، تحولت إلى غربية (280 درجة) عند مستوى 500 ملليبار، وبعد هذا المستوى وحتى مستوى 100 ملليبار لم يظهر حدوث تغيرات تستحق الذكر في اتجاه الرياح، إذ بقيت غربية تراوحت (270 – 280 درجة). وبالنسبة لسرعتها نجد أنها تزداد بالارتفاع للأعلى بشكل ملحوظ، حيث بلغت 3 م/ث عند مستوى السطح، 5 م/ث عند مستوى 850 ملليبار ونحو 17 م/ث عند مستوى 700 ملليبار، 28 م/ث عند مستوى 500 ملليبار ونحو 94 م/ث عند مستوى 200 ملليبار.



المصدر: إعداد الباحث عن بيانات دائرة الأرصاد الجوية الأردنية، يوم 2010/2/24

شكل رقم (51)

مخطط تيفجرام يمثل حالة طبقات الجو العليا في يوم 2010/2/24 في محطة راديو سوند المفرق

– يوم الخميس 2010/2/25

يعدّ هذا اليوم الأول لبدء تأثير حالة عدم الاستقرار الجوي على الأردن، فبلغت درجة الحرارة 9 م^{o} عند مستوى السطح وبلغت درجة حرارة نقطة الندى 8.7 م^{o} والفرق بينهما 0.3 م^{o} بالمقارنة مع 2.2 م^{o} في اليوم السابق.

ونجد من تحليل مخطط التيفجرام شكل (52) تغير واضح على حالة عناصر الجو بالارتفاع بالمقارنة مع اليوم السابق، حيث انخفضت درجة الحرارة على المستويات كافة، أما عند مستوى 850 ملليبار فقد بلغت درجة الحرارة 4.1 م^{o} وبلغت درجة حرارة نقطة الندى 1.7 م^{o} والفرق بينهما 2.4 م^{o} بالمقارنة مع 9.3 م^{o} في اليوم السابق، واستمر الانخفاض في درجة الحرارة بالمقارنة مع اليوم السابق عند مستوى 700 ملليبار، حيث بلغت درجة الحرارة -4.5 م^{o} ودرجة حرارة نقطة الندى -6 م^{o} وبلغ الفرق بينهما 1.5 م^{o} بالمقارنة مع 3.6 م^{o} في اليوم السابق. وعند مستوى 500 ملليبار بلغت درجة الحرارة -21.3 م^{o} ودرجة حرارة نقطة الندى -23.6 م^{o} والفارق بينهما 2.3 م^{o} بالمقارنة مع 6.4 م^{o} في اليوم السابق.

ويدل تناقص الفرق بين درجة الحرارة ودرجة حرارة نقطة الندى في هذا اليوم بالمقارنة مع اليوم السابق على ارتفاع الرطوبة النسبية عند مستويات الضغط المختلفة، كما يدل تدني الفارق بين درجة الحرارة ودرجة حرارة نقطة الندى عند المستوى القريب من السطح إلى 0.3 م^{o} بالمقارنة مع المستويات العليا من طبقة التروبوسفير على أنّ الرطوبة النسبية كانت قريبة من 100 % وبالتالي تشكل السحب المنخفضة.

وفيما يتعلق بارتفاع مستويات الضغط الجوي، يبيّن الجدول (22) التغير الذي طرأ على ارتفاع مستويات الضغط الجوي في هذا اليوم.

جدول رقم (22)

التغير الذي طرأ على ارتفاع *مستويات الضغط* الجوي يوم 2010/2/25

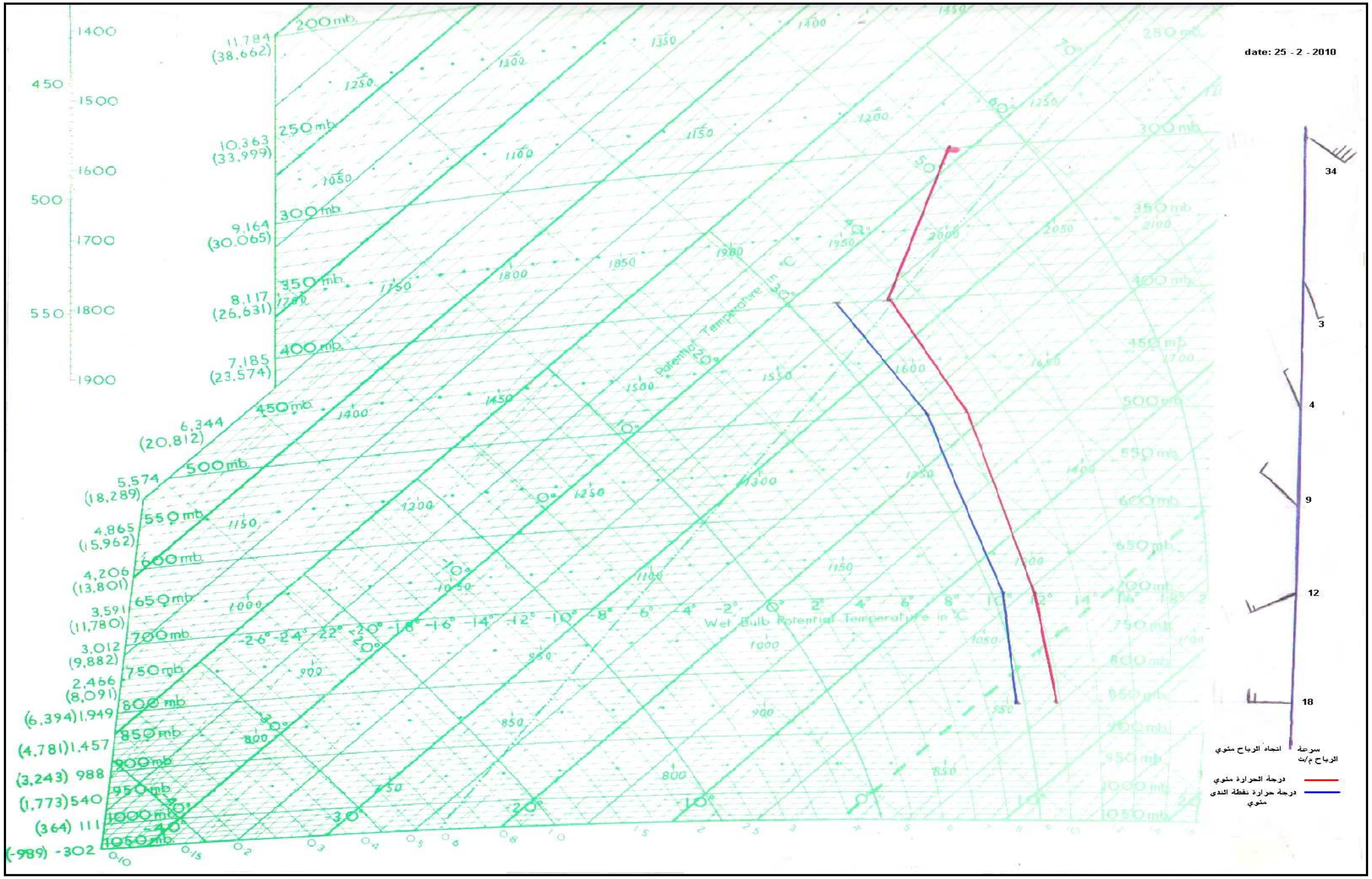
مستوى الضغط الجوي (ملليبار)	الارتفاع (م) يوم 2/24	الارتفاع (م) يوم 2/25	مقدار الانخفاض على ارتفاع مستوى الضغط الجوي (م) يوم 2/25
مستوى السطح	933	926	7
850	1461	1387	74
700	3025	2939	86
500	5606	5509	97
400	7217	7114	103

المصدر: دائرة الارصاد الجوية الأردنية، بيانات راديوسوند المفرق، 24-2010/2/25.

يلاحظ من الجدول السابق انخفاض الارتفاع الذي كانت عنده مستويات الضغط المختلفة في هذا اليوم بالمقارنة مع اليوم السابق بسبب شدة حالة عدم الاستقرار الجوي. حيث انخفض ارتفاع الضغط عند مستوى السطح نحو سبعة امتار بالمقارنة مع اليوم السابق، وتزايد الانخفاض في ارتفاع مستوى الضغط الجوي بالارتفاع إلى أعلى في هذا اليوم مقارنة مع اليوم السابق، حيث بلغ 74 م عند مستوى 850 ملليبار و 86 م عند مستوى 700 ملليبار و97 م عتد مستوى 500 ملليبار و 103 م عند مستوى 400 ملليبار.

ونجد في مخطط التيفجرام شكل (52) تغيراً ملحوظاً في اتجاه الرياح خلال هذا اليوم عند مستويات الضغط المختلفة، حيث تغير اتجاهها من شمالية (350 درجة) عند مستوى السطح في اليوم السابق إلى غربية (280 درجة) عند نفس المستوى في هذا اليوم، ومن شمالية غربية (320 درجة) إلى غربية (270 درجة) عند مستوى 850 ملليبار، وبعد هذا المستوى بقيت الرياح غربية، و لم يطرأ على اتجاهها تغيراً يستحق الذكر.

كما يلاحظ تزايداً ملحوظاً في سرعة الرياح من مستوى السطح حتى مستوى 850 ملليبار في هذا اليوم بالمقارنة مع اليوم السابق، حيث تضاعفت سرعتها تقريباً من 3 م/ث في اليوم السابق إلى 5 م/ث عند مستوى السطح في هذا اليوم، ومن 5 م/ث إلى 12 م/ث عند مستوى 850 ملليبار، وهذا مؤشر على شدة حالة عدم الاستقرار الجوي.



المصدر: إعداد الباحث عن بيانات دائرة الأرصاد الجوية الأردنية، يوم 2010/2/25

شكل رقم (52)

مخطط تيفجرام يمثل حالة طبقات الجو العليا في يوم 2010/2/25 في محطة راديو سوند المفرق

- يوم الجمعة 2010/2/26

بقي الأردن في هذا اليوم واقعاً تحت تأثير حالة عدم الاستقرار الجوي، الرطوبة النسبية بقيت مرتفعة عند مستوى السطح وحتى مستوى 700 ملليبار؛ بسبب تدني الفارق بين درجة الحرارة ودرجة حرارة نقطة الندى، وقد بلغت درجة الحرارة عند مستوى السطح 8.8 م° ودرجة حرارة نقطة الندى 8.4 م° والفارق بينهما 0.4 م° بالمقارنة مع 0.3 م° في اليوم السابق.

ويظهر من مخطط التيفجرام شكل رقم (53) أنّ درجة الحرارة عند مستوى 850 ملليبار بلغت 4.1 م° مسجلة نفس درجة الحرارة في اليوم السابق عند نفس المستوى، غير أن درجة حرارة نقطة الندى طرأ عليها انخفاض قليل بالمقارنة مع اليوم السابق إذ بلغت 0.4 م° وبلغ الفارق بين درجة الحرارة ودرجة حرارة نقطة الندى 3.7 م° بالمقارنة مع 2.8 م° في اليوم السابق، مما يعني انخفاض طفيف على الرطوبة النسبية عند هذا المستوى بالمقارنة مع اليوم السابق.

ثم عادت الرطوبة النسبية ترتفع مرة أخرى عند مستوى 700 ملليبار متساوية مع نسبتها في اليوم السابق عند نفس المستوى، حيث بلغ الفرق بين درجة الحرارة ودرجة حرارة نقطة الندى 1.4 م° بالمقارنة مع 1.5 م° في اليوم السابق.

وبالنسبة لسرعة الرياح فقد طرأ عليها تغير ملحوظ من المستوى القريب من السطح وحتى ارتفاع 700 ملليبار، إذ تزايدت سرعتها من 6 م/ث عند المستوى القريب من السطح في اليوم السابق إلى 14 م/ث في هذا اليوم، وعند مستوى 850 ملليبار تزايدت من 18 م/ث إلى 28 م/ث في هذا اليوم، وبلغت عند مستوى 700 ملليبار 28 م/ث في هذا اليوم بالمقارنة مع 12 م/ ث في اليوم السابق، أما فيما يتعلق باتجاه الرياح فقد طرأ تغير طفيف على اتجاهها من المستوى القريب من السطح حتى 500 ملليبار، إذ تغير اتجاهها من 240 درجة في الطبقة القريبة من السطح في اليوم السابق إلى 210 درجة عند نفس المستوى في هذا اليوم،

ومن 270 درجة إلى 260 درجة عند مستوى 850 ملليبار، ومن 260 درجة إلى 280 درجة عند مستوى 700 ملليبار، ومن 310 درجة إلى 290 درجة عند مستوى 500 ملليبار، وبعد هذا المستوى كان التغير في اتجاه الرياح كبيراً جداً حيث تغيرت من 160 درجة إلى 270 درجة عند مستوى 400 ملليبار، ومن 130 درجة إلى 280 درجة عند مستوى 300 ملليبار. وفيما يتعلق بارتفاع الضغط الجوي فقد بقي منخفضاً بالمقارنة مع يوم الأربعاء 24 /2/ 2010 وطرأ عليه ارتفاع طفيف بالمقارنة مع اليوم السابق الخميس 25 / 2/ 2010، كما يبين الجدول (23) الذي يبين التغير الذي طرأ على ارتفاع الضغط الجوي في هذا اليوم.

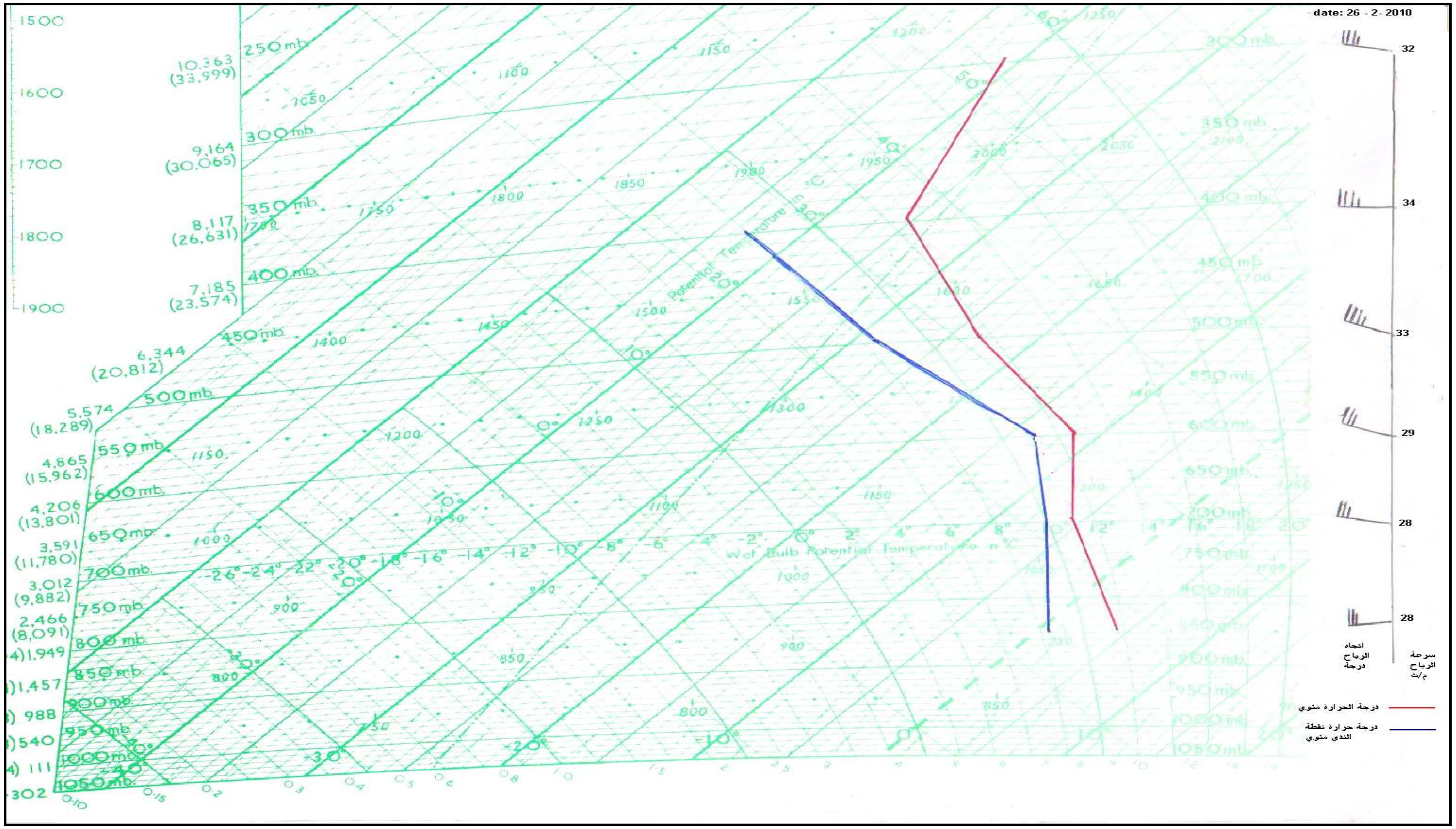
جدول رقم (23)

التغير الذي طرأ على ارتفاع *مستويات الضغط* الجوي يوم 2010/2/26

مستوى الضغط الجوي (ملليبار)	الارتفاع (م) يوم 2/25	الارتفاع (م) يوم 2/26	مقدار الانخفاض (م) يوم 2/26 بالمقارنة مع يوم 2/24
المستوى القريب من السطح	926	930	3
850	1387	1424	37
700	2939	2973	52
500	5509	5521	85
400	7114	7113	104

المصدر: دائرة الارصاد الجوية الأردنية، بيانات راديوسوند المفرق، 24-2010/2/26.

ويلاحظ من الجدول السابق أن ارتفاع الضغط الجوي عند مستوى السطح بلغ 930 م مرتفعاً 4 م بالمقارنة مع اليوم السابق، ومنخفضاً 3 م بالمقارنة مع يوم الأربعاء 2/24، وبلغ 1424 م عند مستوى 850 ملليبار مرتفعاً 37 م بالمقارنة مع اليوم السابق ومنخفضاً 37 م بالمقارنة مع 2/24. وبلغ 2973 م عند مستوى 700 ملليبار مرتفعاً 34 م بالمقارنة مع اليوم السابق ومنخفضا 52 م بالمقارنة مع يوم 2/24، وعند مستوى 500 ملليبار بلغ 5521 م بالمقارنة مع 5509 في هذا اليوم مرتفعاً 12 م بالمقارنة مع اليوم السابق،ومنخفضاً 85 م بالمقارنة مع يوم 2/24، وأخيراً بلغ عند مستوى 400 ملليبار 7113 م بالمقارنة مع 7114 م في اليوم السابق و7217 م في يوم 2010/2/24.



المصدر: إعداد الباحث عن بيانات دائرة الأرصاد الجوية الأردنية، يوم 2010/2/26

شكل رقم (53)

مخطط تيفجرام يمثل حالة طبقات الجو العليا في يوم 2010/2/26 في محطة راديو سوند المفرق

– يوم السبت 2/27 /2010

طرأ انخفاض ملموس على الرطوبة النسبية من مستوى السطح حتى مستوى 500 ملليبار؛ بسبب ارتفاع الفارق بين درجة الحرارة ودرجة حرارة نقطة الندى، فعلى الرغم من أنّ درجة الحرارة بقيت منخفضة على المستويات السابقة، إلاّ أنه طرأ ارتفاع على درجة حرارة نقطة الندى مما أدى إلى انخفاض الرطوبة النسبية عند هذه المستويات، حيث بلغت درجة الحرارة عند مستوى السطح 8.6 م° ودرجة حرارة نقطة الندى 6.6 م° والفرق بينهما 2 م°.

وتشير التغيرات الرأسية للعناصر الجوية الممثلة على مخطط تيفجرام شكل (54) بدء تلاشي حالة عدم الاستقرار الجوي التي تأثر بها الأردن في اليومين السابقين، حيث بلغت درجة الحرارة 6.8 م° عند مستوى 850 ملليبار ودرجة حرارة نقطة الندى 2.1 م° والفرق بينهما 4.7 م° بالمقارنة مع 3.7 م° في اليوم السابق، وعند مستوى 700 ملليبار انخفضت درجة الحرارة إلى -2.2 م° بالمقارنة مع -5.7 م° عند نفس المستوى في اليوم السابق، أما درجة حرارة نقطة الندى فقد ارتفعت من -7.1 م° في اليوم السابق إلى - 5.6 م° في هذا اليوم عند مستوى 700 ملليبار وبالتالي يصبح الفارق بين درجة الحرارة ودرجة حرارة نقطة الندى في هذا اليوم 4.8 م° بالمقارنة مع 4.1 م° في اليوم السابق، وأخيراً عند مستوى 500 ملليبار فقد ارتفع الفارق بين درجة الحرارة ودرجة حرارة نقطة الندى 6.3 م°.

وفيما يتعلق باتجاه الرياح وسرعتها، فقد طرأ تغير ملحوظ عليمها خلال هذا اليوم بالمقارنة مع اليوم السابق، فتغير اتجاهها من 210 درجة في اليوم السابق عند مستوى السطح إلى 340 درجة في هذا اليوم عند نفس المستوى، وتغير من 260 درجة إلى 325 درجة عند مستوى 850 ملليبار، وعند مستوى 700 ملليبار تغير اتجاه الرياح من 280 درجة إلى 270 درجة، ومن 290 درجة إلى 280 عند مستوى 500 ملليبار، حيث كان التغير في اتجاه الرياح بعد مستوى 700 ملليبار طفيفاً بالمقارنة مع المستويات الأدنى.

أما سرعة الرياح فقد انخفضت بالمقارنة مع اليوم السابق من 14 م/ث عند مستوى السطح إلى 7 م/ث عند مستوى، ومن 28 م/ث إلى 10 م/ث عنـــد مستوى 850 ملليبار، ومن 28 م/ث إلى 19 م/ث عند مستوى 700 ملليبار، وانخفضت من 33 م/ث إلى 30 م/ث عند مستوى ملليبار.

وأخيراً طرأ زيادة ملحوظة على ارتفاع مستوى الضغط الجوي على جميع المستويات في هذا اليوم بالمقارنة مع اليوم السابق، كما في الجدول (24) الذي يبين التغيرات التي طرأت على ارتفاع مستويات الضغط الجوي في هذا اليوم.

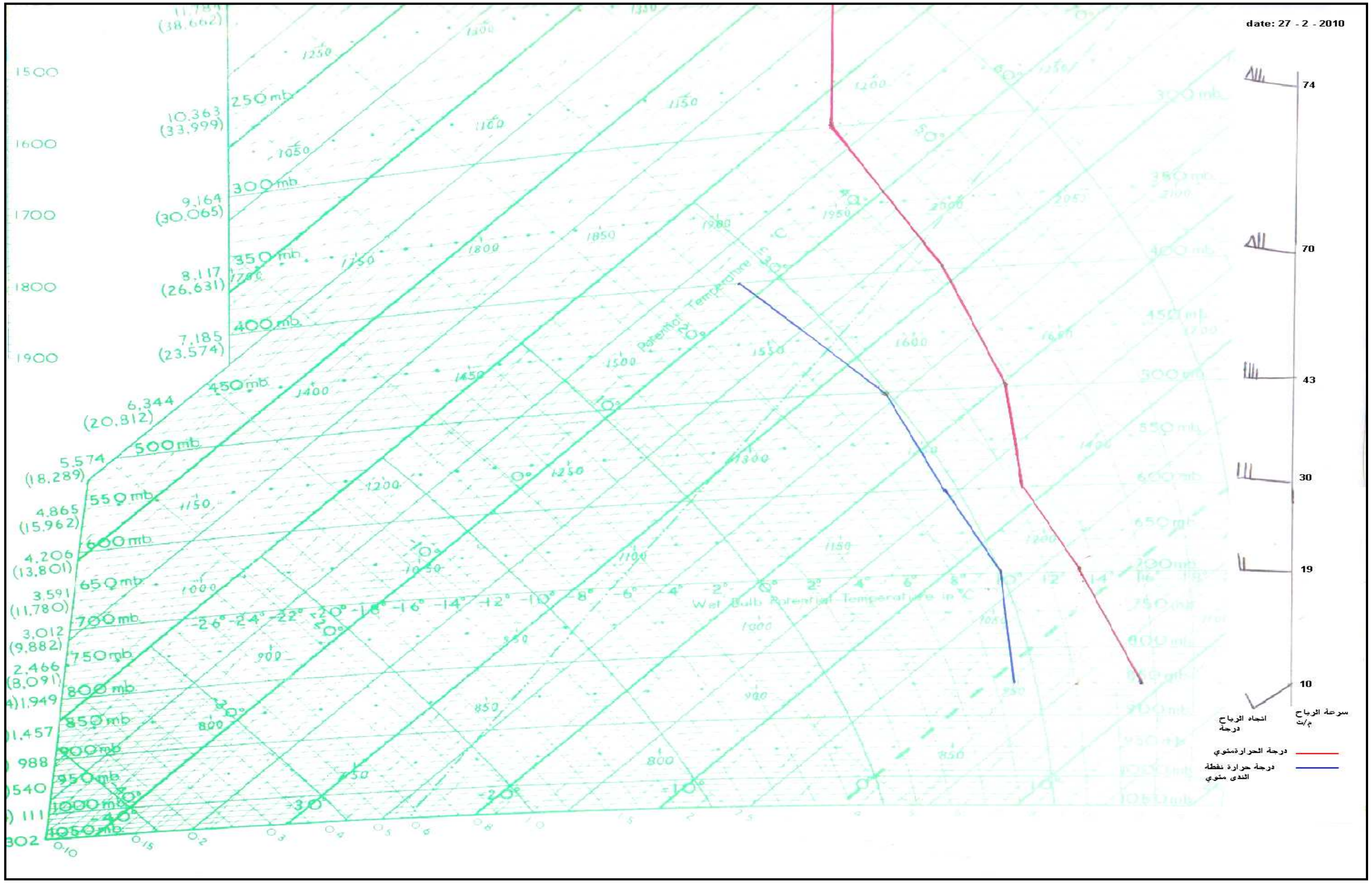
جدول رقم (24)

التغير الذي طرأ على ارتفاع *مستويات الضغط* الجوي يوم 2010/2/27

مستوى الضغط الجوي (ملليبار)	الارتفاع (م) يوم 2/26	الارتفاع (م) يوم 2/27	مقدار الارتفاع (م) يوم 2/27 بالمقارنة مع يوم 2/26
مستوى السطح	930	934	4
850	1424	1462	38
700	2973	3023	50
500	5521	5603	82
400	7113	7225	112

المصدر: دائرة الارصاد الجوية الأردنية، بيانات راديوسوند المفرق، 26 – 27 /2/2010

ويلاحظ من الجدول السابق ارتفاع مستوى الضغط الجوي السطحي من 930 م في اليوم إلى 934 م في هذا اليوم بزيادة 4 م، ومن 1424 م إلى 1462 م عند مستوى 850 ملليبار بزيادة 38 م بالمقارنة مع اليوم السابق، وارتفع مستوى 700 ملليبار 50 م بالمقارنة مع اليوم السابق، و 82 م للمستوى 500 ملليبار و112 م للمستوى 400 ملليبار.



المصدر: إعداد الباحث عن بيانات دائرة الأرصاد الجوية الأردنية، يوم **2010/2/27**

شكل رقم (54)

مخطط تيفجرام يمثل حالة طبقات الجو العليا في يوم 2010/2/27 في محطة راديو سوند المفرق

الفصل السادس

الآثار البيئية للعواصف الرعدية في الأردن

- **تمهيـــــد**

تواجه البشرية في الوقت الراهن مشكلات بيئية كبيرة، يترتب عليها توترات وأزمات قد تصل حد الكوارث، وجزء من هذه المشكلات متعلق بالأحوال الجوية السيئة كتلك التي تنتج عن العواصف الرعدية، وما قد يعقبها من أحداث مفجعة تصيب المناطق التي تحدث فيها؛ لما تسببه الظروف الجوية المصاحبة لها من خسائر في الأرواح والممتلكات والنظم البيئية.

ولغاية الآن لا يوجد غير القليل من الأخطار البيئية التي بوسع الإنسان منـــع حدوثها -كالأخطار البيولوجية مثلاً- أما عندما يتعلق الأمر بالأخطار المناخية والمترولوجية، فإن الإنسان لم يصل لطريقة تمنع حدوثها أو تقلل من قوتها لحظة حدوثها، ومع ذلك فإنّ بوسعه التخفيف من آثارها فقط.

ويمكننا القول أنّ التأثيرات البيئية الناتجة عن العواصف الرعدية المؤثرة على الاردنّ، ناتجة عن الظروف المناخية التي يتأثر بها في فصل الخريف وفصل الشتاء وفصل الربيع، وتتفاوت شدتها من مكان إلى آخر تبعاً لفاعلية ظروفها الجوية السينوبتيكية، وبناءً على ما سبق يمكن تصنيف الآثار البيئية الناجمة عن الظروف الجوية المرافقة للعواصف الرعدية في الاردنّ على النحو الآتي:

1.6 الآثار الناجمة عن الأمطار الغزيرة

تعدّ الأمطار المصدر الرئيس للمياه في العالم، كما أنّها سبباً رئيساً لكثير من الدمار والخراب الذي يصيب الإنسان وممتلكاته على حدٍّ سواء، لذا سندرس الآثار الناجمة عن الأمطار الغزيرة المرافقة للعواصف الرعدية من خلال ما ينجم عنها من فيضانات، وما تسببه من حوادث على الطرقات في الاردنّ كما يلي:

1.1.6 الفيضانات الوميضية

تعدّ الفيضانات من الكوارث الطبيعية التي تؤثر على الاردنّ في كل عام محدثة الكثير من الخسائر في الأرواح والممتلكات وتدمير البيئة والبنية التحتية، وعلى الرغم من التحذير من حدوثها واتخاذ الاجراءات الوقائية ووضع الخطط الخاصة بمواجهتها من قبل الجهات المعنية، إلا انها ما تزال مصدراً للقلق والخوف والذعر.

وكما هو معلوم، فإنّ معظم سطح الأرض عرضة لحدوث السيول والفيضانات، فعندما ينهمر المطر بغزارة تفوق كميته طاقة التسرب للتربة، ومقدرة استيعاب القنوات والأودية النهرية فيجري على شكل سيول صغيرة، ثم تتجمع بسيول أكبر ثم أكبر وهكذا حتى تتدفق بغزارة كبيرة، ويعمل تدفقها العنيف في الأودية والمجاري المائية على تكون الفيضانات، لا سيما في المناطق شبه الجافة والمدارية التي تتعرض لأمطار حملانية عاصفة، تسقط على شكل زخات مركزة وشديدة خلال فترة زمنية محدودة.

وتأخذ الفيضانات مسميات عدة: فمنها الفيضان الصفيحي laminar flow ؛ الذي يجري فيه الماء على شكل غطاء رقيق، ينتشر فوق منطقة واسعة دون أن يتركز في قنوات محـــددة، وعادة لا يستغرق حدوثه فترة زمنية طـــويلة، امّا ما يسمى بالفيضـــانات الوميضية Flash Floods، تحدث نتيجة هطول أمطار غزيرة مركزة فوق مساحة محدودة يصحبها تدفق زائد للمياه باتجاه القنوات النهرية، وتساهم مجموعة من العوامل في زيادة الجريان السطحي وحدوث هذه الفيضانات:[1]

1- العوامل الجوية المتمثلة بالطبيعة المطرية من حيث شدتها وكميتها ومدة هطلها.

2- عوامل السطح الطبيعية، من حيث مساحة الحوض وشبكات التصريف، وانماط المجاري المائية وخصائصها، وانواع التربة والغطاء النباتي.

1- محمد صبري محسوب ومحمد أرباب، الكوارث والأخطارالطبيعية ،ط 1 (دار الفكر العربي، القاهرة: 2002) ص: 103.

3- العوامل البشرية كالتوزع العمراني، والمنشآت المائية مثل السدود والعبارات المائية.

وعلى الرغم من أنّ 90 % من مساحة الأردنّ تقل أمطارها السنوية عن 200 ملم، إلاّ أنّه يتعرض في بعض الأوقات لهطول كميات كبيرة من الأمطار. مما يــؤدي إلى تكــوين سيول وفيضانات تشكل خطورة بيئية عالية في المناطق التي تتعرض لها، وتتصف الأراضي الاردنّية لا سيما الجنوبية والشرقية (الصحراوية) بوجود مظاهر طبوغرافية تساعد علـــى تكوين شبكات من الأودية تتجمع في مصبات رئيسية، مما يعطي الأمطار قوة جريان عالية تؤدي إلى تدمير كل ما يعترضها، إضافة إلى افتقارها للغطاء النباتي الـــذي يخفـــف مـــن إنجراف التربة، وعليه يمكن تناول الآثار البيئية للفيضانات الوميضية من خلال الآتي:

– أثرها الصحي:

تمثل الفيضانات المرتبة الثالثة في قائمة الكوارث المميتة في العالم.[1] مما يجعلها من أكثر الكوارث الطبيعية خطورة، حيث تتسبب سنوياً في عدد لا يستهان به من الوفيات والإصابات وحالات العجز في الاردنّ. كما تسهم في إنتشار بعض الأمراض البيئية، مثل البلهارسيا والملاريا والكوليرا وغيرها، وتؤدي للتلوث الطبيعي للماء؛ بسبب إلقاء اجسام الحيوانات الميتة والأوساخ في المياه أثناء الجريان وما لذلك من انعكاسات خطيرة على صحة الإنسان.

كذلك تتحمل مياه الفيضان بالرواسب الصخرية والمواد المعدنية، التي قد تكون ملوثة ببعض المواد الضارة بالإنسان والحيوان على حد سواء، انظر إلى الشكل (55) الذي يبين بعض الرواسب والأجسام الغريبة المنقولة مع أحد الفيضانات في الاردنّ.[2]

---

1 - ثعبان كاظم، هندسة السيطرة على المياه، دار الشروق للنشر والتوزيع، ط1 ، 1998، ص: 23.

2 - محمود حسن نوفل، البيئة العمرانية وأخطار التلوث، مجلة أسيوط للدراسات البيئية، العدد (1)، مركز الدراسات والبحوث البيئية، جامعة أسيوط، يوليو، 1991، ص ص: 76-77.



المصدر: المديرية العامة للدفاع المدني، إدارة الإعلام.

شكل رقم (55)

صورة فيضان يظهر فيه بعض الأجسام الغريبة في مدينة عمان.

وللوقوف على حجم الخسائر البشرية التي يتعرض لها الاردنّ بسبب الفيضانات، انظر الجدول (25) الذي يبين الخسائر البشرية للفيضانات التي تعرضت لها الاردنّ خلال الفترة الممتدة من 1999- 2008. ويتضح من الجدول أنّ الفيضانات أدت خلال الفترة الممتدة السابقة لجرح نحو 239 مواطناً ووفاة 33 وفقدان 3 مواطنين*، وعليه يصبح المجموع الكلي للخسائر البشرية الناجمة عن هذه الفيضانات نحو 275 حالة.

* المفقودين غالباً ماتجرهم مياه السيول إلى البحر الميت، أو ينغمرون تحت الطمر والرواسب التي يحملها الفيضان في المنحدرات والأودية الواقعة شرق للبحر الميت، ونظراً لصعوبة هذه المنطقة تضاريسياً، فإنّ العثور عليهم أمر في غاية الصعوبة.

جدول رقم (25)

الخسائر البشرية للفيضانات التي تعرضت لها الاردنّ خلال الفترة الممتدة

من 1999- 2008

السنة	الوفيات	الجرحى	المفقودين
1999	9	8	0
2000	2	13	1
2001	9	21	0
2002	1	70	1
2003	1	13	0
2004	4	37	1
2005	2	30	0
2006	3	10	0
2007	1	6	0
2008	1	19	0
المجموع	33	239	3

المصدر: المديرية العامة للدفاع المدني، التقرير الإحصائي السنوي من 1999- 2008

- أثرها على القطاع الزراعي:

تدمر الفيضانات في قارة آسيا وحدها نحو أربعة ملايين هكتار من الأراضي الزراعية سنوياً، ناهيك عن تأثيرها في حياة سبعة عشر مليون نسمة.[1] إذ تعمل على إنجراف التربة، وتزيل منها الطبقة الغنية بالمواد العضوية، التي تشكل الوسط المناسب لنمو النباتات، وبالتالي تساعد هذه النتيجة المأساوية على بدء عملية التصحر، من خلال تسهيل الطريق أمام عوامل مناخية أخرى، انظر للشكل (56) الذي يبيّن صورة لمياه الفيضان وهي تجرف التربة معها.

1 - ثعبان كاظم، مرجع سابق، ص: 23.



المصدر: المديرية العامة للدفاع المدني، إدارة الإعلام.

شكل رقم (56)

صورة إنجراف التربة من المنحدرات بفعل الفيضان في منطقة وادي السير / عمان يوم 2006/4/13

– مداهمة مياه الفيضانات للمنازل والمنشآت:

يؤدي تدفق مياه الفيضانات في المدن والقرى لمداهمة المنازل والمنشآت المختلفة مما يعرض حياة المواطنين وممتلكاتهم للخطر، حيث يرتفع منسوب المياه لحد يصعب معه تصريفها، لذا يستدعي التعامل معها استخدام ماتورات شفط خاصة لهذه الغاية، لاحظ الشكل (57) صورة لرجال الدفاع المدني الذين يعملون على إنقاذ إحدى الأسر التي تعرض مترلها لمداهمة المياه، وعادة ما ينتج عن مثل هذه الظروف إصابات وحالات وفاة.



المصدر: المديرية العامة للدفاع المدني، إدارة الإعلام.

شكل رقم (57)

صورة انقاذ أسرة تعرّض مترلها لمداهمة المياه في عمان الشرقية يوم 1991/3/23.

وللتعرّف على حجم الخسائر البشرية الناجمة عن مداهمة مياه الفيضانات للمنازل والمنشآت، انظر للجدول (21) الذي يبين عدد حالات مداهمة المياه للمنازل والمنشآت التي تعامل معها الدفاع المدني خلال الفترة الممتدة من 1999 – 2008 والخسائر البشرية الناجمة عنها.

جدول رقم (21)

عدد حالات مداهمة مياه الفيضانات للمنازل والمنشآت والخسائر البشرية الناجمة عنها خلال الفترة الممتدة من 1999 – 2008

السنة	عدد حالات مداهمة الفيضانات للمنازل والمنشآت	عدد الإصابات	عدد الوفيات
1999	23	2	1
2000	181	2	0
2001	189	5	0
2002	203	2	0
2003	177	5	0
2004	258	6	1
2005	219	0	0
2006	222	0	0
2007	113	1	0
2008	71	3	0
المجموع	**1556**	**26**	**2**

المصدر: المديرية العامة للدفاع المدني، التقرير الإحصائي السنوي من 1999- 2008.

يلاحظ من الجدول السابق أنّ عدد حالات مداهمة مياه الفيضانات للمنازل والمنشآت خلال الفترة السابقة بلغت 1556 حالة أي بمعدل 156 حالة سنوياً، نتج عنها 26 إصابة ووفاتين فقط.

– حالات الهدم والانهيار:

تعدّ حالات الهدم والانهيار للمباني والطرق والجسور والعبارات والجدران الإستنادية وغيرها من منشآت البنية التحتية، من أكثر الأخطار الناجمة عن الفيضانات المرتبطة

بالعواصف الرعدية، والشكلين (58) و (59) يعطيان صورة واضحة لحالات الهدم والانهيار التي تتعرض لها الابنية والمنشآت والبنية التحتية في الاردنّ.



المصدر: المديرية العامة للدفاع المدني، إدارة الإعلام.

شكل رقم (58)

صورة لأحد الشوارع المنهارة بفعل الفيضانات في عمان الغربية

يوم 2007/4/13.



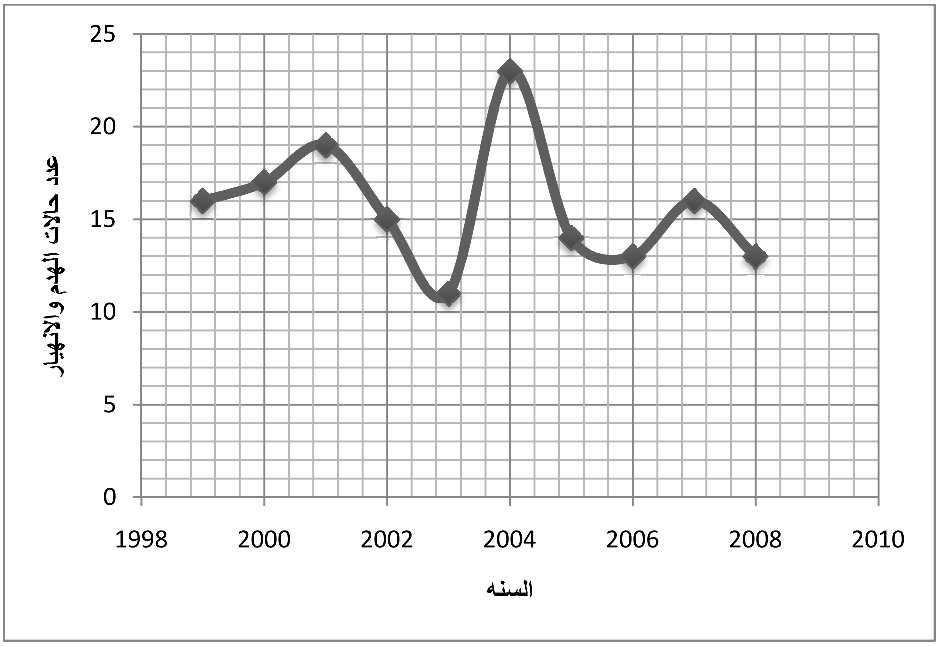
المصدر: المديرية العامة للدفاع المدني، إدارة الإعلام.

شكل رقم (59)

صورة لأحد الجدران الإستنادية المنهارة فوق بناية بفعل الفيضانات في منطقة ضاحية الرشيد بمدينة عمان

يوم 2009/2/11.

وللتعرف على الأثار الناجمة عن حالات الهدم والانهيار بفعل الفيضانات انظر إلى الشكل (60) الذي يبين عدد حالات الهدم والانهيار التي تعرضت لها المنشآت المختلفة في الاردنّ خلال الفترة الممتدة من 1999 – 2008. حيث بلغ عدد حالات الهدم والانهيار بفعل الفيضانات التي تعامل معها الدفاع المدني المدني في الفترة السابقة نحو 157 حالة بمعدل يقدر بـــ 16 حالة سنوياً.



إعداد الباحث عن المديرية العامة للدفاع المدني، التقرير الإحصائي السنوي 1998-2008.

شكل رقم (61)

عدد حالات الهدم والانهيار في الاردنّ بفعل الفيضانات خلال الفترة من 1999-2008.

ويبين الجدول (22) الخسائر البشرية الناجمة عن حالات الهدم والانهيار في الاردنّ بفعل الفيضانات خلال الفترة من 1999-2008. التي نتج عنها نحو 221 إصابة ووفاة 72 مواطناً.

جدول رقم (27)

الخسائر البشرية الناجمة عن حالات الهدم والانهيار في الاردنّ بفعل الفيضانات خلال الفترة من 1999-2008.

السنة	إصابة	وفاة	المجموع
1999	4	1	5
2000	16	3	19
2001	9	0	9
2002	5	0	5
2003	44	7	51
2004	23	2	25
2005	16	1	17
2006	34	3	37
2007	26	4	30
2008	45	6	51
المجموع	**221**	**27**	**248**

المصدر: المديرية العامة للدفاع المدني، التقرير الإحصائي السنوي من 1999-2008.

2.1.6 حوادث الطرق

تعدّ الأمطار الغزيرة المصاحبة للعواصف الرعدية سبباً رئيساً من أسباب الحوادث التي تقع على الطرق في الاردنّ، والجدول (28) يبيّن عدد الحوادث التي وقعت خلال الفترة الممتدة من عام 1999 – 2008، والخسائر البشرية الناجمة عنها، ويظهر من الجدول أنّ عدد الحوادث التي نتجت عن العواصف المطرية بلغت نحو 2875 حادثاً تسببت بإصابة 1136 مواطناً ووفاة 39 آخرين.

جدول رقم (28)

عدد حوادث السير الناتجة بسبب العواصف المطرية والخسائر البشرية الناجمة عنها خلال الفترة من 1999 – 2008.

السنة	عدد الحوادث	وفاة	إصابة
1999	45	1	4
2000	317	2	261
2001	319	6	127
2002	333	4	65
2003	365	7	112
2004	420	5	174
2005	321	3	73
2006	374	6	166
2007	196	1	29
2008	185	4	125
المجموع	**2875**	**39**	**1136**

المصدر: المديرية العامة للدفاع المدني، التقرير الإحصائي السنوي للفترة من 1999-2008.

2.6 الآثار الناجمة عن الصواعق الجوية

اهتم الإنسان منذ القدم بالضوء، ثم درس ظاهرة البرق، الذي تعدّ أخطاره من أكثر الأخطار الجوية أهمية وأبلغها تأثيراً، كونها تصيب سطح الأرض محدثة خسائر قد تكون جسيمة في الأرواح والممتلكات؛ وذلك بسبب الطاقة الحرارية العالية التي تتولد عنه،

وبشكل عام يمكن حصر الأخطار البيئية الناجمة عن البرق والصواعق الجوية على النحو الآتي:

1.2.6 أثرها المباشر على حياة الإنسان

عندما يتعرض الإنسان لضربة من الصاعقة الجوية(*)، يحدث في جسمه اضرار وإصابات قد تؤدي إلى الوفاة في بعض الأحيان، فقد يفقد قدرته على التنفس، ويختل انتظام دقات قلبه، فإذا لم يجد الإسعافات الأولية اللاّزمة في الوقت المناسب يتوقف نبض قلبه ثم يتوفى، وتزداد خطورة الصاعقة على حياة الإنسان إذا كان يحمل معه أدوات معدنية أو يستخدم الهاتف النقال.

والاردنّ كغيره من بلدان العالم، يتعرض سكانه بشكل مستمر لخطر الوفاة أو الإصابة بسبب التعرض للصواعق الجوية، والجدول (29) يبيّن عدد الأشخاص الذين تعرضوا للإصابة بالصواعق الجوية، وعدد الإصابات وحالات الوفاة الناجمة عنها خلال الفترة الممتدة من عام 1999 – 2008.

جدول رقم (29)

عدد حالات الإصابة المباشرة بالصواعق الجوية والخسائر البشرية الناجمة عنها في الاردنّ خلال الفترة الممتدة من عام 1999 – 2008.

السنة	عدد الحالات	الاصابات	الوفيات
1999	2	1	1
2000	3	2	1
2001	5	4	1
2002	3	1	2
2003	4	3	1
2004	2	2	0
2005	4	3	1
2006	4	3	1
2007	5	4	1
2008	3	2	1
المجموع	**35**	**25**	**10**

المصدر: المديرية العامة للدفاع المدني، التقرير الإحصائي السنوي من 1999-2008.

* الصاعقة الجوية: هي البرق الناتج عن التفريغ الكهربائي بين السحابة والأرض.

ويلاحظ من الجدول (24) أنّ عدد الأشخاص الذين تعرضوا للإصابة بالصواعق الجوية في الاردنّ خلال الفترة الممتدة من عام 1999 – 2008 بلغ 35 شخصاً، أصيب منهم 25 بإصابات وحروق مختلفة، في حين توفي منهم 10 أشخاص، وهذا يعني أن معدل عدد الوفيات الناجمة عن الإصابة المباشرة بالصواعق الجوية في الاردنّ بلغ وفاة واحدة سنوياً.

2.2.6 أثرها على شبكات الاتصال الخلوية

للتعرّف على تأثير الصواعق على شبكات الاتصال الخلوية، لا بدّ من فهم تركيب شبكات هذا النوع من الاتصال في الاردنّ، لا سيما أنّ الاتصالات الخلوية أصبحت عنصراً أساسياً في الحياة العصرية وذات أهمية بالغة على الأصعدة كافة.

تتكون شبكات الاتصالات الخلوية من مقاسم مركزية Mobile Switching Center ويرمز لها بـــ (MSE)، ترتبط هذه المراكز لتأمين الاتصال مع محطات تحكم Base Station Controler ويرمز لها بـــ (BSC) شكل (61) بهدف تأمين البث من خلال ترددات مايكروويف لأبراج الإرسال في المواقع المختلفة من المملكة، وأبراج الإرسال Base Transeiuer Subsystem ويرمز لها بـــ (BTS) شكل (62) تؤمن البث والإرسال لمحطات الموبايل Mobile station (الأجهزة الخلوية) بواسطة ترددات الراديو.

كل محطة تحكّم رئيسية BSC تؤمن الاتصال لحوالي 79 برج إرسال BTS، وكل برج إرسال يشغّل بالمتوسط 80 مكالمة خلوية في وقت وإحد لـــ 80 مشترك، والشكل (63) يبيّن عدد محطات التحكم الرئيسية BSC وأبراج الإرسال BTS التي تمتلكها شركات الاتصالات الخلوية في الاردنّ موزعة على كافة مناطق المملكة.

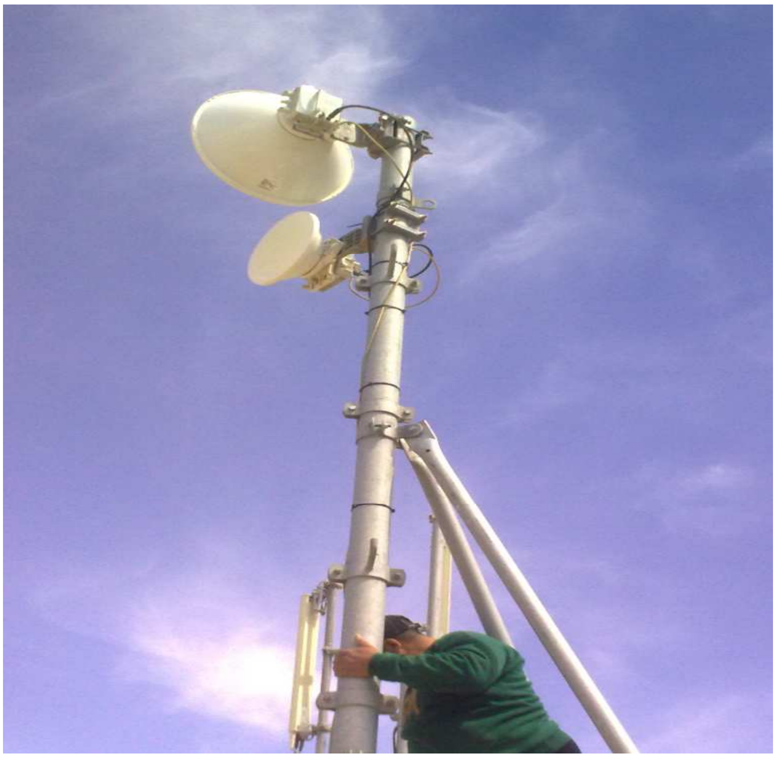
ومن خلال الشكل (63) نجد أنّ مجموع عدد محطات التحكم المركزية للإتصالات الخلوية في الاردنّ نحو 81 محطة، تؤمن البث لحوالي 6325 برج إرسال، وهذا العدد من الأبراج يفعّل حوالي 506000 مكالمة خلوية في وقت واحد.



المصدر: شركة أمنية، القسم الهندسي: 2009.

شكل رقم (61)

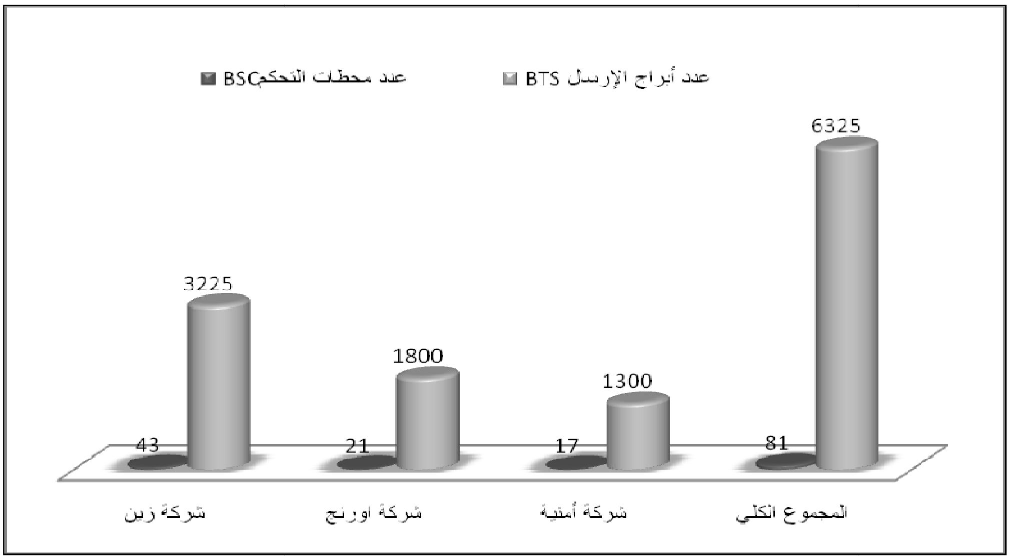
محطة تحكم مركزية



المصدر: شركة أمنية، القسم الهندسي: 2009.

شكل رقم (62)

بـــــرج إرســــال



شكل رقم (63)

عدد محطات التحكم المركزية وعدد أبراج الإرسال لشركات الاتصالات الخلوية في الاردنّ

ومما سبق عرضه يمكن تناول تأثير الصواعق الجوية على محطات التحكم وأبراج الإرسال كما يلي:

أ- التشويش على الإرسال وقطع الاتصال

إنّ الأثر الناجم عن التقاء مجموعة من الموجات من نوع واحد في وقت واحد يدعى بتداخل الموجات، ويحدث التداخل مع أنواع الموجات كلها، وعند حدوث الالتقاء بين الموجات على نفس التردد(*) يتشكل نمط من التداخل يعــرف بالتداخــل الهــدّام Destructive حيث تلغي الموجات بعضها، مثل التقاء قمة موجة مع قاع موجة أخرى، وتكون المحصلة بين الموجتين تساوي صفــراً، وحينئذ تكون نقطة التقاء الموجتين ساكنة.[1]

يتم تأمين الإرسال للأجهزة الخلوية من أبراج الإرسال بواسطة ترددات الراديو، وبما أنّ الصواعق تنتج الموجات نفسها وبتردد مشابه لتردد الحزم التي تبثها أبراج الإرسال الخلوية، فإنّ موجات الصواعق تتداخل مع موجات الاتصالات الأمر الذي يؤدي إلى

* التردد هو عدد الاهتزازات الكاملة في الثانية الوحدة، وكل اهتزاز ينتج موجة كاملة.

1- http://www.glenbrook.k12.il.us/gbssci/phys/class /light /u121ib.html.22 Aug 2009.

إلغائها مما يعمل على تشويش البث الخلوي القائم ما بين برج الإرسال والإجهزة الخلوية العاملة ضمن منطقة البث التي يغطيها البرج، فيحدث قطع مفاجىء للإتصالات الفعالة في اللحظة التي يومض بها البرق وتحدث فيها الصاعقة، ورغم أنّ البث يعود بعد انتهاء ومضة البرق، إلاّ أنّ المكالمات الفعالة في تلك اللحظة تنقطع ويتطلب إعادة تفعيلها معاودة الاتصال من جديد.

ولتقدير قيمة الخسائر التي يتحملها المشتركون الذين يقومون بعملية الاتصال خلال ومضة البرق (حدوث الصاعقة) وانقطاع الاتصال المفاجىء في منطقة البرج الواحد – التي تبلغ 80 مكالمة في وقت واحد – وعلى اعتبار تكلفة الاتصال للدقيقة الواحدة 5 قروش(*) فإننا نقوم بضرب عدد المكالمات الفعالة في المنطقة التي يغطيها بث كل برج تعرّض لومض البرق أو الصاعقة ويبلغ عددها نحو 80 دقيقة (*) تقريباً (ينقطع الاتصال لحظة الومض) في معدل سعر الدقيقة البالغ حوالي 5 قروش(*) ليصبح الناتج 4 دينار أردني/ ومضة برق/برج.

وفرضاً أنّ حالة عدم الإستقرار الجوي المصاحبة للعاصفة الرعدية أثرت في جميع مناطق المملكة، فهذا يعني أن كل ومضة برق (صاعقة جوية) تسبب خسائر نقدية لمشتركي الاتصالات الخلوية تقدّر بـــ 25300 دينار أردني تقريباً في كل ومضة برق أوصاعقة، ناهيك عن الخسائر المادية الأخرى الناتجة عن قطع الاتصال المفاجىء التي تؤثر على قطاعات مختلفة.

* تم استخراج معدل تعرفة دقيقة الاتصال الخلوي في الاردنّ بجمع معدل تعرفة الدقيقة للعروض المختلفة في كل شركة من الشركات الثلاث، وذلك للتعرفة المحلية (على نفس الشبكة وعلى الشبكات الأخرى) والتعرفة الدولية للدقيقة الواحدة، ومن ثم استخراج معدل تعرفة الدقيقة الواحدة لجميع الشركات.

* يدفع المشترك تعرفة الدقيقة كاملة مهما كانت مدة المكالمة بالثانية (لو كانت فترة المكالمة ثانية واحدة فإنها تحسب دقيقة).

* كل دينار أردني يساوي 100 قرش، ومعدل صرف الدينار الاردنّي خلال 2009 بلغ 65.5 ليرة سورية.

ب– تأثيره على أجهزة محطات التحكم وأبراج الإرسال

تكون محطات التحكم وأبراج الإرسال مزودة بنوعين من الأجهزة، الأجهزة الكهربائية وأجهزة الاتصالات، والأجهزة الكهربائية عبارة عن محولات (لتحويل التيار المتردد إلى تيار ثابت) ومنظمات تعمل على تنظيم التيار الثابت لتشغيل أجهزة الاتصالات التي هي أجهزة بث مايكروويف وأجهزة البث الرادوية.[1]

ونظراً لخطورة الصواعق الجوية على الأجهزة التي تتكون منها محطات التحكم وأبراج الإرسال، تكون مزودة بجهاز مانع للصواعق، موصول بواسطة سلك مع قضيب نحاسي (إرث) مغروس في الأرض لتفريغ الشحنات أثناء وميض البرق والصاعقة وتجنب إتلاف الأجهزة، ومع ذلك تتعرض هذه الأجهزة للعطل الفني، أو للعبث[*] مما يجعلها عرضة للعطل المستمر في الأوقات التي يومض بها البرق وتحدث فيها الصواعق الجوية، لذلك يمكننا تقدير قيمة الضرر المادي الذي يلحق بشركات الاتصالات الخلوية في حال تعطلت أجهزة التحكم والإرسال.

تقدّر الأقسام الهندسية في شركات الاتصالات أن تعطل محطات التحكم وأبراج الإرسال بفعل البرق والصواعق يحتاج بالمعدل حوالي 6 ساعات ليعاد إصلاحه، من لحظة الإبلاغ عن العطل إلى أن يعاد تشغيل المحطة أوالبرج، وخلال هذه المدة تكون الاتصالات المرسلة والمستقبلة مقطوعة، الأمر الذي يترتب عليه خسائر مادية ضخمة يمكن استخراجها على النحو الآتي[2]:

1 - مقابلة شخصية مع المهندس علي عودة، رئيس القسم الهندسي في شركة أمنية، يوم 2009/9/23.

* القضبان النحاسية تتعرض بشكل مستمر للسرقة بسبب إرتفاع سعرها ووجود المحطات والأبراج في المناطق النائية بعض الأحيان.

2- مقابلة شخصية مع المهندس علي عودة، رئيس القسم الهندسي في شركة أمنية، يوم 2009/9/23.

بما أنّ كل محطة تحكم مركزية تشغل 79 برج إرسال، وكل برج يشغّل 80 مكالمة في وقت واحد، وتعرفة كل دقيقة 5 قروش، فإن الخسارة المادية المتوقعة للشركات نتيجة هذا العطل تقدر بـــ: (79 برج × 80 مكالمة) × (5 قروش) = 316 دينار أردني/دقيقة.

وبما أنّ الفترة اللاّزمة لإصلاح المحطة 6 ساعات فإنّ الخسارة الناتجة من تعطل محطة تحكم واحدة بفعل البرق والصواعق الجوية تكون:

316 دينار × 60 دقيقة × 6 ساعات = 113760 دينار أردني، أمّا الخسارة المتوقعة من تعطل برج إرسال فقط تقدّر بـــ: 4 دينار × 60 × 6 = 1440 دينار أردني / برج إرسال.

3.2.6 أثرها في إشعال الحـــرائق

تعدّ الحرائق من أشدّ الأخطار تأثيراً على الإنسان والبيئة، لما تسببه من خسائر كبيرة في الأرواح والممتلكات والثروات الطبيعية، وتعد الصواعق الجوية واحدة من الأسباب التي تقف وراء نسبة لا يستهان بها من الحرائق، ففي الولايات المتحدة وحدها تتسبب الصواعق الجوية بإشعال نحو 10000 حريق سنوياً، تُحدث تدميراً تقدر قيمته بنحو 50 مليون دولار. [1]

وعادة ما تكون الأشجار والمنازل والمنشآت المختلفة أهدافاً طبيعية للصواعق الجوية، لأنّها نواقل جيدة للكهرباء بسبب رطوبتها الدائمة بالنسبة للأشجار والنباتات، أو بسبب ما تحتوية البيوت والمنشآت من تمديدات معدنية مختلفة، وتقدّر المديرية العامة للدفاع المدني العام في الاردنّ، أنّ معدل عدد حوادث الإطفاء التي تتعامل معها من جراء الصواعق الجوية يبلغ 5 حوادث إطفاء سنوياً، وهو ما نسبته 0.04 % من إجمالي نسبة حوادث الإطفاء المسجلة خلال الفترة الممتدة من 1999 – 2008.[2]

1- Ahrens, C.D., (1994). Op.Cit,P.412.

[2] - الدفاع المدني، التقرير الإحصائي السنوي، للفترة 1999-2009.

وللوقوف على حجم الخسائر البشرية الناجمة عن حوادث الحريق بفعل الصواعق الجوية في الاردنّ، لاحظ الجدول (30) الذي يبيّن عدد حالات الحريق الناتجة بفعل الصواعق الجوية في الاردنّ خلال الفترة الممتدة من 1999 – 2008.

جدول رقم (30)

عدد حالات الحريق الناتجة بفعل الصواعق الجوية في الاردنّ خلال الفترة الممتدة من 1999 – 2008.

السنة	العدد	إصابة	وفاة
1999	6	9	1
2000	3	1	0
2001	5	0	0
2002	2	1	0
2003	5	2	1
2004	4	1	1
2005	4	6	2
2006	7	2	0
2007	3	6	1
2008	6	11	1
المجموع	45	39	7

المصدر: المديرية العامة للدفاع المدني، التقرير الإحصائي السنوي من 1999- 2008.

ويظهر من الجدول السابق أن مجموع عدد حالات الحريق في الاردنّ الناتجة عن الصواعق الجوية بلغت 45 حالة خلال الفترة الممتدة من 1999 – 2008، بمعدل سنوي مقداره 4.5 حالة سنوياً، نتج عنها 39 إصابة بمعدل 3.9 إصابة سنوياً و 7 وفيات بمعدل 0.7 وفاة سنوياً، وبالتالي فإنّ المعدل السنوي لإجمالي عدد الوفيات الناجمة عن الصواعق الجوية في الاردنّ – سواءً نتيجة التعرض المباشر له أو بفعل الحرائق الناجمة عنه – تبلغ 1.2 وفاة / سنة.

وللبرق تأثيرات أخرى تتمثل في إنتاجه مركبات كيميائية بفعل شرارته الكهربائية الشديدة، فيتولد من جراء ذلك أحماض مختلفة كأحماض النيتروجين والكربون والكبريت وغيرها، إضافة إلى مركبات أخرى كالأملاح وغيرها، فتهطل مع الأمطار مكسبةً إياها صفة حامضية، أوما يعرف بالأمطار الحامضية.

ويؤثر البرق أيضاً على الطائرات التي تعدّ مجالاً خصباً للشحنات الكهربائية المختلفة، كون هياكلها معدنية، لذلك فقد يحدث تفريغ للشحنات الكهربائية بين السحب وهيكل الطائرة؛ ومع أنّ الطائرات معدّة للتعامل مع هذه الظروف، غير أن البرق قد يحدث بعض الأضرار على جسمها ومعداها، إذ يؤدي إلى التشويش على أجهزة الراديو واللاسلكي، كما يؤدي لحدوث عمى لحظي للطيار نتيجة الوهج الهائل الذي ينتج عن الشرارة الكهربائية.

وعلى الرغم من المخاطر التي تنطوي على وميض البرق والصاعقة، إلاّ أنه لا يخلو من بعض الفوائد والإيجابيات التي يجب أن يشار إليها، فهو يسهم في عملية تحول غاز النيتروجين الجوي (الآزوت) إلى غاز النشادر وأكسيد النيتروجين، وقد يذاب النشادر في قطرات المطر وهي هاطلة إلى سطح الأرض مكسباً إياها بعض الخصوبة، مما يجعلها مادة غذائية مفيدة للنباتات.

كما وتتحول أكاسيد النيتروجين (الآزوت) إلى حمض النيتروجين (HNO_3)، ليكّون مع مواد الأرض نترات طبيعية هي بمثابة أسمدة طبيعية للتربة، تساعد بعض أنواع النباتات الدرنية (كالكمأة) على النمو والتكاثر.

3.6 الآثار الناجمة عن البرد

يعد البرد من اشكال الهطول المرافقة للعواصف الرعدية التي تترك آثاراً بالغة الخطورة على البيئة، ويتباين حجم الأخطار الناجمة عنه تبعاً للمدة التي يستغرقها هطله، وحجم حباته وتوزعه الزماني والمكاني، لذلك فتأثيره في المناطق الزراعية والمأهولة بالسكان أشد وطأة وأكثر خطوره عنه في المناطق الخالية أو الصحراوية، كما انّ هطوله خلال فصل الربيع أكثر تأثيراً على المحاصيل الزرعية بسبب نمو الأزهار خلال هذا الفصل.

وكما أشرنا سابقاً، فإنّ حجم حباته ومدة هطوله يعتمد على مجموعة من العوامل؛ أهمها سمك السحب وارتفاعها، ودرجة الحرارة وشدة التيارات الهوائية الصاعدة، وبالتالي تزداد خطورته البيئية بزيادة فترة استمرار هطوله، إضافة إلى أضرار أبلغ على زيادة حجم حباته، ويمكن حصر أهم الأخطار الناجمة عن البرد بتدمير المحاصيل الزراعية، وتأثيره السيء على حركة النقل بما يسببه من حوادث تؤدي بحياة العديد من المواطنين سنوياً، وسوف نتناولها مفصلة فيما يلي:

1.3.6 حوادث الطــرق

تعد حوادث السير على الطرقات واحدة من الآثار الخطيرة الناجمة عن هطول البرد، الذي يترافق عادة بظروف جوية سيئة ترفع نسبة الحوادث المتعلقة به من جهة، وتعيق حركة النقل من جهة أخرى، وللوقوف على عدد الحوادث الناجمة عن البرد وخسائرها البشرية، انظر الجدول (31) الذي يبين عدد الحوادث الناتجة عن هطول البرد وخسائرها البشرية خلال الفترة الممتدة من 1999 – 2008.

جدول رقم (31)

عدد الحوادث الناتجة عن هطول البرد وخسائرها البشرية خلال الفترة الممتدة من 1999 - 2008

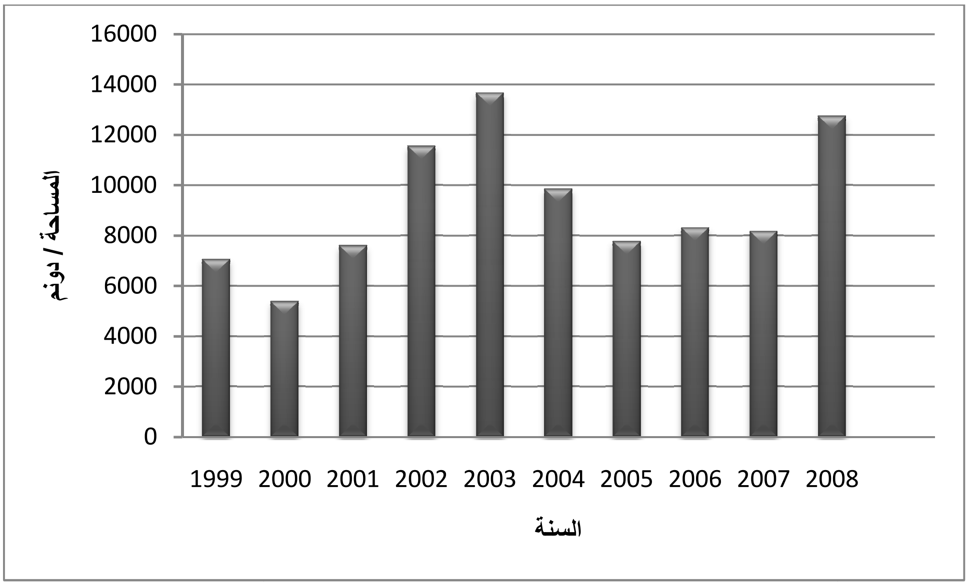
السنة	عدد الحوادث	إصابة	وفاة
1999	14	4	1
2000	20	12	2
2001	13	23	4
2002	11	6	1
2003	5	2	0
2004	22	17	3
2005	19	31	6
2006	13	8	0
2007	15	10	1
2008	20	13	2
المجموع	**152**	**126**	**20**

المصدر: المديرية العامة للدفاع المدني، التقرير الإحصائي السنوي من 1999- 2008.

ويبين الجدول السابق أنه وقع جراء البرد خلال الفترة من 1999 – 2008 نحو 152 حادث سير، نجم عنها 126 إصابة ووفاة 20 مواطناً بمعدل وفاتين سنوياً.

2.3.6 القطاع الزراعي

يؤدي هطول البرد إلى آثار بالغة الخطورة على المحاصيل الزراعية المختلفة، لا سيما الأشجار المثمرة في فصل الإزهار حيث يؤدي البرد إلى تساقطها وتدميرها، ويبين الشكل (64) مساحة الأراضي المزروعة بالأشجار المثمرة في الأردن التي دمرت محاصيلها جراء هطول البرد في الفترة 1999 – 2008.



إعداد الباحث عن وزارة الزراعة، مديرية المعلومات والحاسوب، بيانات غير منشورة للفترة 1999 - 2008

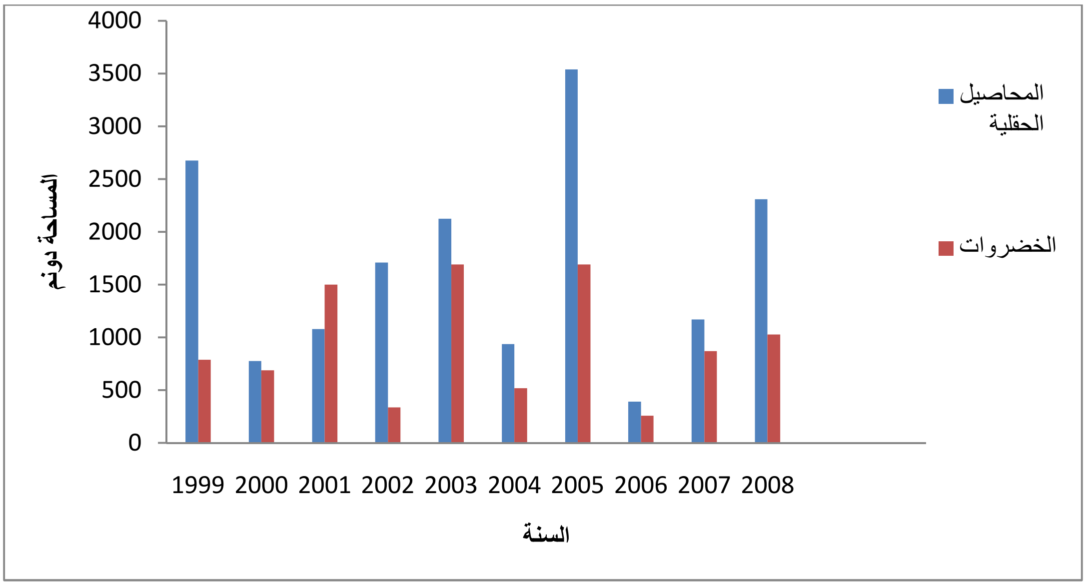
شكل رقم (64)

مساحة الأراضي المزروعة بالأشجار المثمرة المتضررة بهطول البرد للفترة من 1999 – 2008 في الأردن.

ويتضح من الشكل السابق أن المجموع الكلي لمساحة الأراضي المزروعة بالأشجار المثمرة التي تضررت خلال الفترة من 1999 – 2008 بلغت حوالي 92088 الف دونم بمعدل سنوي بلغ نحو 9209 دونم.

وبلغ متوسط مساحة الأراضي المزروعة بالأشجار المثمرة في الأردن خلال الفترة من 1999 – 2008 نحو 190435 دونم، أي ما نسبته 21.4 % من مساحة الأراضي الصالحة للزراعة والبالغة 888000 دونم، وما نسبته 53.9 % من مساحة الأراضي المزروعة فعلاً والبالغة نحو 353143 دونم للفترة ذاتها،[1] وعليه فإنّ مساحة الأراضي المزروعة بالأشجار التي يتدمر محصولها بسبب هطول البرد تشكل حوالي 4.8 % من المساحة الإجمالية المزروعة بالأشجار المثمرة سنوياً، ونحو 2.6 % من المساحة الكلية المزروعة في الأردن سنوياً. كما يبين الشكل (65) مساحة الأراضي الزراعية المتضررة محاصيلها (المحاصيل الحقلية والخضروات) بالبرد.

1- وزارة الزراعة، مديرية المعلومات والحاسوب، بيانات غير منشورة للفترة 1999 – 2008.



شكل رقم (65)

مساحة الأراضي المزروعة بالخضروات والمحاصيل الحقلية المتضررة بهطول البرد للفترة من 1999 – 2008 في الأردن.

ويظهر من الشكل السابق أنّ مجموع مساحة الأراضي المزروعة بالمحاصيل الحقلية التي يدمرها البرد بلغ نحو 16708 دونم خلال الفترة من 1999 – 2008 بمعدل بلغ 1671 دونم سنوياً، في حين بلغت مساحة الأراضي المزروعة بالخضروات التي يدمرها البرد نحو 9730 دونم بمعدل بلغ نحو 973 دونم سنوياً. وهذا يعني أن مساحة المحاصيل الحقلية والخضروات التي يدمرها البرد سنويا تقدر بنحو 2644 دونم، اي ما نسبته 0.75 % من المجموع الكلي للمساحة المزروعة في الأردن سنوياً.

وتأسيساً على ماسبق، نجد أنّ مجموع المساحة المزروعة بالمحاصيل المختلفة التي يدمرها البرد تبلغ نحو 11853 دونم سنوياً، أي ما نسبته حوالي 3.35 % من إجمالي المساحة المزروعة، والأضرار في المحاصيل الزراعية الناجمة عن البرد تسهم في تراجع الإنتاج الزراعي وما لذلك من انعكاسات كبيرة على الأمن الوطني، حيث يواجه الأردن تحدياً حضارياً ذا أبعاد سياسية واقتصادية خطيرة، يتمثل في قصور الإنتاج الزراعي عن تلبية متطلبات السكان من الغذاء واعتماه على الدول الأجنبية في سدّ حاجات سكانه، إذ يعدّ المجتمع

الأردني من المجتمعات الاستهلاكية التي يفوق فيها الاستهلاك الكلي الناتج المحلي، حيث اظهرت المستوردات من السلع الزراعية تزايداً مضطرداً في العجز خلال الفترة من 1999 – 2008، فسجل الميزان التجاري الزراعي عجزاً بلغ 295 مليون دينار عام 1999 ونحو 561 مليون دينار عام 2008، أي مايزيد عن 10 % من الموازنة المالية الإجمالية للعام نفسه.[1]

4.6 الآثار الناجمة عن الرعد

يشكل صوت الرعد موجات صدمية اهتزازية قوية تؤثر على الطبقة السطحية من التربة مؤدية إلى حدوث شقوق خفيفة فيها، ويشكل صوته عامل قلق وإزعاج واضطراب فهو يزعج الإنسان ويقلق راحته، ويخلق عنده نوعاً من الإضطراب والخوف، كما يقلل الرعد من إنتاجية الإنسان الفكرية والجسدية. ولربما يؤدي في بعض الحالات إلى أضرار جسمانية، تتمثل في عمليات إسقاطٍ لبعض الحوامل، ولمثل ذلك تتعرض بعض الحيوانات الثدية.

1- البنك المركزي الأردني، التقرير الإحصائي السنوي للفترة من 1999 – 2008.

النتـــــــائج والمقتـــــرحات

أولاً: النتائج Finding

تمّ دراسة العواصف الرعدية وآثارها البيئية في الأردن، بالاعتماد على بيانات مناخية مختلفة، وقد اظهرت الدراسة النتائج التالية:

1- تصنف العواصف الرعدية التي تأثر بها الأردن خلال الفترة من 1999 – 2008 تبعاً للظروف السينوبتيكية المؤدية لها إلى عواصف رعدية مرتبطة بالجبهات الباردة، وعواصف مرتبطة بمنخفض البحر الأحمر وأخرى مرتبطة بالمنخفضات الخماسينية.

2- بلغ مجموع عدد أيام العواصف الرعدية التي تعرضت لها محطات الدراسة مجتمعة خلال فترة الدراسة الممتدة من 1977 – 2006 نحو 1497 يوم، وبمعدل سنوي قدره 50 يوماً، كما كانت سنة 1994 أكثر السنوات تكراراً لعدد أيام العواصف الرعدية في المحطات، حيث بلغت 127 يوماً بنسبة 8.5 % من المجموع الكلي لعدد أيام العواصف. في حين كان عام 2000 الأقل من حيث عدد أيام العواصف الرعدية في المحطات مجتمعة، إذ بلغ 3 أيام فقط ما نسبته 0.002 %.

3- يتناقص المعدل السنوي لعدد أيام العواصف الرعدية في الأردن وفق اتجاهين، اتجاه شرقي مع زيادة خط الطول من الغرب إلى الشرق، واتجاه جنوبي مع تناقص درجة العرض من الشمال إلى الجنوب. وأكثر المناطق التي يتكرر فيها عدد أيام العواصف الرعدية هي الأغوار الشمالية والمرتفعات الجبلية الشمالية ثم تتناقص عامة نحو الجنوب.

4- تتطور العواصف الرعدية في الأردن خلال فصل الخريف وفصل الشتاء وفصل الربيع، وعلى الرغم من ذلك تتباين هذه الفصول من حيث عدد أيام العواصف الرعدية التي تتطور خلالها، وطبيعة تلك العواصف وقوتها تبعاً للعوامل السينوبتيكية، وتتركز معظم أيام العواصف الرعدية في فصل الربيع بنسبة 34 % يليه الخريف بنسبة 33 %

في فصل الخريف، ثم فصل الشتاء بنسبة 32 %. أمّا خلال فصل الصيف فيعدّ تشكل العواصف الرعدية امراً نادراً حيث شكل ما نسبته 1 %.

5- يبدأ موسم تشكل العواصف الرعدية في الأردن في شهر تشرين الأول ويستمر حتى نهاية شهر أيار، ويتوافق موعدها مع بداية موسم الأمطار، غير أن هذا الموعد قد يختلف من سنة إلى أخرى اختلافاً كبيراً، فيتقدم في بعض السنوات إلى شهر أيلول وذلك مرتبط بتكوّن المنخفضات الجوية في البحر المتوسط، وتحرك المرتفع الأوروبي نحو الجنوب وتطور الجبهة المتوسطية. ومع أنّ نهاية موسمها شهر أيار إلاّ أن هذا الموعد قد يتأخر في سنوات نادرة إلى شهر حزيران؛ بسبب تأخر ظهور المنخفض الجوي الموسمي مما يؤدي إلى امتداد الظروف الربيعية إلى ما بعد شهر أيار.

6- بيّنت قيم معامل الانحدار المتعدّد والبسيط لمحطات الدراسة خلال الفترة الممتدة من 1977 - 2006 وجود اتجاه متناقص في معدل عدد أيام العواصف الرعدية في المحطات كافة. غير أنّ درجة وحدّة الاتجاه نحو التناقص تختلف من محطة إلى أخرى، حيث تزداد شدته في المناطق الشمالية والغربية، ويقل بالاتجاه جنوباً وشرقاً.

7- انعكس التناقص في الاتجاه العام لعدد ايام العواصف الرعدية بشكل مباشر على الاتجاه العام للأمطار السنوية، حيث أظهرت مقارنة الاتجاه العام لعدد أيام العواصف الرعدية مع الاتجاه العام للأمطار السنوية وجود تشابه في شكل وحدة التناقص.

8- تصاحب العواصف الرعدية مجموعة من التغيرات الفجائية على الحالة الجوية السطحية، تتمثل في انخفاض درجات الحرارة والضغط الجوي وزيادة سرعة الرياح وتغير اتجاهها، وارتفاع الرطوبة النسبية في الطبقة السفلى من الغلاف الجوي بنسبٍ تتراوح ما بين (15 – 20 %) تقريباً.

9- يصاحب العواصف الرعدية حدوث بعض التغيرات في العناصر الجوية خلال الطبقات العليا من الغلاف الجوي وعلى النحو الآتي:

- تنخفض درجة الحرارة بشكل ملحوظ عند المستويات العليا في طبقة التروبوسفير، وتتزايد الرطوبة النسبية بعد مستوى 700 هكتوباسكال؛ بسبب تناقص الفرق بين درجة الحرارة ودرجة حرارة نقطة الندى.
- ينخفض الارتفاع الذي تكون عنده مستويات الضغط الجوي المختلفة في الأيام العاصفة بالمقارنة مع الأيام المستقرة، ويتزايد هذا الإنخفاض في ارتفاع مستويات الضغط بتزايد شدة حالة عدم الاستقرار الجوي التي أدت إلى تشكل هذه العواصف.
- تتزايد سرعة الرياح بشكل مضطرد مع الارتفاع في طبقة التروبوسفير في الأيام العاصفة بالمقارنة مع سرعتها أيام الاستقرار.

10- بينت الدراسة أنّ حالة عدم الاستقرار الجوي التي بدأ تأثيرها على الأردنّ يوم 25 شباط 2010 من الحالات النموذجية لعدم الاستقرار الجوي، حيث بدأ الأردن يتأثر هذا اليوم بمقدمة منخفض جوي سطحي يتمركز إلى الشرق من تركيا، وكان مصحوباً بكتلة هوائية باردة، وفي طبقات الجو العليا عند مستوى 500 ملليبار ظهر امتداد منخفض جوي علوي بارد اتجاه محوره شمالي غربي إلى جنوبي شرقي، أدى إلى زيادة قوة تأثير الحالة على السطح، وقد استمر تأثير هذه الحالة إلى صباح يوم 2010/2/27، وقد أدت الوضعية الجوية المرافقة لها إلى إنخفاض كبير على درجات الحرارة زاد على 5 درجات مئوية عن معدلها في مثل هذا الوقت من السنة، واشتدت سرعة الرياح وتضاعفت سرعة هبابها كما تغيرت اتجاهاتها، وهطلت كميات قياسية من الأمطار غطت معظم مناطق المملكة.

11- تؤدي الظروف الجوية المصاحبة للعواصف الرعدية إلى وقوع كثير من الخسائر في الأرواح والممتلكات وتدمير البيئة والبنية التحتية في الأردن، ويمكن تلخيص هذه الآثار على النحو الآتي:

- بلغ المجموع الكلي للخسائر البشرية الناجمة عن الفيضانات في الأردن خلال الفترة الممتدة من 1999- 2008 نحو 1726 حالة نتج عنها 1623 إصابة ووفاة 100 شخص وفقدان 3 آخرين.
- بلغ المجموع الكلي للخسائر البشرية الناجمة عن الصواعق الجوية في الأردن خلال الفترة الممتدة من 1999- 2008 نحو 80 حالة أصيب منهم 64 بجروح وحروق مختلفة، ولقي 17 حتفهم.
- تقدر الخسائر النقدية لمشتركي الاتصالات الخلوية في الأردن بـــ 25300 دينار أردني/ ومضة برق.
- تقدر الخسائر المتوقعة لشركات الاتصالات الخلوية في الأردن جرّاء تعطل كل برج إرسال بنحو 1440 دينار أردني.
- وقع جراء البرد خلال الفترة من 1999 – 2008 نحو 152 حادث سير، نجم عنها 126 إصابة ووفاة 20 مواطناً.
- يدمر البرد نحو 11853 دونماً سنوياً مزروعة بالمحاصيل الزراعية المختلفة، وهي تشكل حوالي 3.35 % من إجمالي المساحة المزروعة سنوياً في الأردن.

ثانياً: المقترحات **Recommendation**

بناءً على النتائج السابقة يمكن للباحث عرض المقترحات الآتية:

1- بناء سدود ترابية واسمنتية خاصة في المنطقة الجنوبية والشرقية (الصحراوية) للحدّ من خطورة الفيضانات، حيث تتصف هذه المنطقة بوجود مظاهر طبوغرافية تساعد على تكوين فيضانات وميضية، وبالتالي درء خطورتها من جهة، والاستفادة من مياهها في الأغراض المختلفة من جهة أخرى.

2- بناء الجدران الاستنادية في المناطق المرتفعة، لمنع إنجراف التربة، والمحافظة على الطبقة الغنية بالمواد العضوية التي تشكل الوسط المناسب لنمو النباتات، وبالتالي الحدّ من انتشار عملية التصحر.

3- تجنب البناء والسكن بالقرب من مجاري الأودية أو المناطق المنحدرة في المرتفعات الجبلية المعرضة للإنهيارات.

4- تجنب استخدام الهاتف النقال في الظروف الجوية العاصفة، حيث يؤدي استخدامه أثناء الوميض البرقي (الصاعقة الجوية) لمخاطر صحية جسيمة قد تصل حد الوفاة.

5- إجراء المزيد من الدراسات حول حالات عدم الاستقرار الجوي ليستفاد منها مستقبلاً في تقييم الأخطار الناجمة عن الظروف الجوية السيئة المرتبطة بها.

المــلاحــق Appendixs

الملحق رقم (1)

مسرد المصطلحات الإنكليزية

Adiabatic Cooling	التبريد الذاتي
Air Masses	كتلة هوائية
Air Parcel	حزمة هوائية
Elevation	الارتفاع عن سطح البحر
Ana- Warm Front	الجبهة السطحية
Anticyclone	مرتفع جوي
Anvil	سندان
Arctic front	جبهة قطبية
Atmospheric Moisture	الرطوبة الجوية
Atmospheric pressure	الضغط الجوي
Attenuation	اضعاف
Base	اساس، قاعدة
Blocking	حاجز
Blocking anticyclone	منخفض حاجزي
Bumpiness	مطب هوائي
Case Study	دراسة حالة
Center	مركز
Climate	مناخ
Cloudy	غائم
Cluster	عنقود
cold front	جبهة باردة
Cold Pool	حوض هواء بارد
Compound Depressions	منخفض مركب

conditional instability	عدم استقرار مشروط
Contours	خطوط التسوية (الكنتور)
Controller	تحكم
convection current	تيارات الحمل
convectional rain	مطر حملي
Convective Cells	الخلايا الحملية
Convergence	تجمع، التقاء
Cumulonimbus Clouds	سحب المزن الركامي
Cyclonic	اعصاري
Depletion	تخامد
Depression	منخفض
Destructive	هدّام
Dew Point	درجة حرارة نقطة الندى
Dew point lapse rate	معدل تناقص درجة حرارة نقطة الندى
Divergence	تفرق الهواء في طبقات الجو
Downdraft	تيارات هابطة
Electricity	كهرباء
Electrometers	ظواهر جوية كهربائية
Flash Floods	الفيضانات الوميضية
Frontal depression	منخفضات جبهوية
Hail	برد
Heat	حرارة
Heat Low	منخفض حراري
High Pressure	مرتفع جوي
Horizontal visibility	مدى الرؤيا الأفقية

Hydrostatic Equilibrium	الاتزان الهيدروستاتيكي (الرأسي)
Instability	عدم استقرار
Khamasin	خماسين
laminar flow	جريان صفيحي
Leader	القائد
Local	محلي
Mature	نضج
Mediterranean Front	جبهة البحر المتوسط
Moisture	رطوبة
Multicell	خلايا متعدّدة
Orographic ascent	صعود تضاريسي
Photo meteors	ظواهر جوية ضوئية
Polar Jet	التيار القطبي
Positive Energy Area	منطقة طاقة موجبة
Precipitation	هطال
Rain	مطر
Rejuvenation	تجدد
Relative Humidity	الرطوبة النسبية
Return	عودة، رجوع
Ridge	متن
Shaped	شكل
Single Cells	خلايا مفردة
Spontaneous Blindness	عمى لحظي للطيار
Squall Line	خط العاصفة
Stability	استقرار

Stage	مرحلة
Station	محطة
Step	خطوة
Stroke	ضربة
Sub Tropical Jet	التيار شبه المداري
Subsystem	نظام فرعي
Supply	يزود
Surface Charts	خرائط الطقس السطحية
Switching	مفتاح تحويل كهربائي (مقسم)
Tephigram	مخطط تيفجرام (مخطط طبقات الحرارة الانعزالية)
Thermal depression	منخفض حراري
thunder clouds	سحب رعدية
Thunder Storms	العواصف الرعدية
Trend secular variation	خط الاتجاه العام
Troposphere	الطبقة المضطربة (تروبوسفير)
Trough	حوض
Updrafts	تيارات صاعدة
Upper Charts	خرائط الطقس العلوية
Warm Front	الجبهة الدافئة
Wave Depression	منخفض موجي
Weather	طقس
wind rose	وردة الرياح
Wind Veering	انحراف الريح

الملحق رقم (2)

عدد أيام العواصف الرعدية في محطة الربة

السنة	كانون2	شباط	اذار	نيسان	ايار	حزيران	تموز	آب	ايلول	تشرين1	تشرين2	كانون1	المجوع السنوي
1977	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	3
1978	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
1979	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	4
1980	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	5
1981	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	7
1982	1	0	2	1	4	0	0	0	0	0	1	0	9
1983	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3
1984	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	3
1985	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
1986	0	2	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	5
1987	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
1988	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3
1989	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
1990	0	0	0	1	1	0	0	0	0	3	0	0	5
1991	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	4
1992	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
1993	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	3
1994	0	1	0	0	0	0	0	0	1	5	3	0	10
1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	4
1997	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	5
1998	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5
1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
2001	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	4
2002	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3	5
2003	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	3
2004	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	3
2005	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2006	0	3	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	3
المجموع	8	19	8	7	14	1	0	0	1	19	16	14	110

الملحق رقم (3)

عدد أيام العواصف الرعدية في محطة الشوبك

السنة	كانون2	شباط	اذار	نيسان	ايار	حزيران	تموز	آب	ايلول	تشرين1	تشرين2	كانون1	المجموع السنوي
1977	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	5
1978	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1979	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
1980	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	3
1981	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
1982	1	0	1	1	3	0	0	0	0	1	0	0	7
1983	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1984	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	4
1985	0	1	1	0	3	0	0	0	0	1	1	1	8
1986	0	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	5
1987	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1988	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2
1989	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
1990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
1991	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
1992	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1993	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	3
1994	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	4
1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1997	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1998	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3
1999	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2
2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3
2002	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2	0	4
2003	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
المجموع	3	6	7	10	11	0	0	0	1	15	10	3	66

الملحق رقم (4)

عدد أيام العواصف الرعدية في محطة ديرعلا

السنة	كانون2	شباط	اذار	نيسان	ايار	حزيران	تموز	آب	ايلول	تشرين1	تشرين2	كانون1	المجموع السنوي
1977	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	4
1978	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	3
1979	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	5	1	8
1980	3	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	3	10
1981	1	4	3	3	0	0	0	0	2	1	1	0	15
1982	1	2	3	1	1	0	0	0	0	2	2	1	13
1983	1	2	2	2	1	0	0	0	0	0	2	1	11
1984	2	2	3	0	0	0	0	0	0	1	1	1	10
1985	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	5
1986	0	2	0	2	2	0	0	0	0	0	1	0	7
1987	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	5
1988	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4
1989	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	5
1990	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	2	0	6
1991	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3
1992	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1993	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
1994	0	1	3	0	0	0	0	0	1	4	3	0	12
1995	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	5
1996	1	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	6
1997	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	3	1	8
1998	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1999	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	3
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	6
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2
2005	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
2006	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3
المجموع	15	29	26	13	9	0	0	0	3	17	32	17	161

الملحق رقم (5)

عدد ايام العواصف الرعدية في محطة رأس منيف

السنة	كانون2	شباط	اذار	نيسان	ايار	حزيران	تموز	آب	ايلول	تشرين1	تشرين2	كانون1	المجموع السنوي
1977	2	1	3	3	1	1	0	0	0	1	0	1	12
1978	0	3	4	1	1	1	0	0	0	1	1	0	12
1979	1	0	0	3	0	1	0	0	0	3	6	3	17
1980	3	3	3	2	0	0	0	0	0	1	0	4	16
1981	1	3	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	7
1982	4	3	2	2	3	0	0	0	0	0	0	0	14
1983	3	3	2	1	0	0	0	0	0	0	3	0	12
1984	4	1	5	0	0	0	0	0	0	2	1	1	14
1985	1	6	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0	13
1986	2	5	1	3	0	0	0	0	0	0	3	1	15
1987	1	1	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	7
1988	1	4	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	9
1989	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	5
1990	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4
1991	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	4	10
1992	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6
1993	0	1	0	0	2	0	0	0	0	3	1	0	7
1994	3	3	4	0	2	0	0	0	2	8	2	3	24
1995	0	2	1	0	0	0	0	0	0	2	2	0	8
1996	3	1	3	0	1	0	0	0	0	0	1	0	9
1997	2	3	1	0	1	0	0	0	0	3	1	0	10
1998	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
1999	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3
2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2	2	1	7
2003	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2
2005	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
2006	0	1	2	1	2	1	0	0	0	3	3	4	6

ملحق رقم (6)

عدد ايام العواصف الرعدية في محطة المفرق

السنة	كانون2	شباط	اذار	نيسان	ايار	حزيران	تموز	آب	ايلول	تشرين1	تشرين2	كانون1	المجموع السنوي
1977	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
1978	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
1979	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	5
1980	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
1981	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	3
1982	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	4
1983	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
1984	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	3
1985	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3
1986	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	3
1987	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1988	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
1989	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2
1990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	3
1991	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	2	6
1992	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1993	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	3
1994	0	0	1	0	0	1	0	0	1	2	1	0	6
1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
1996	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	3
1998	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3
1999	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3
2000	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3
2001	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4
2002	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	4
2003	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	4
2004	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3
2005	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3
2006	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3
المجموع	1	4	7	3	7	1	0	0	3	14	9	7	86

ملحق رقم (7)
عدد ايام العواصف الرعدية في محطة معان

السنة	كانون2	شباط	اذار	نيسان	ايار	حزيران	تموز	آب	ايلول	تشرين1	تشرين2	كانون1	المجموع السنوي
1977	1	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	2	7
1978	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
1979	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	3
1980	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	4
1981	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	3
1982	1	0	0	0	3	0	0	0	0	2	0	0	6
1983	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1984	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
1985	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
1986	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
1987	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2
1988	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	4
1989	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	4
1990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
1991	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1992	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
1993	0	1	1	0	0	0	0	0	0	4	0	0	6
1994	2	0	0	0	0	0	0	0	0	7	1	0	10
1995	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2
1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0	4
1998	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
2001	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
المجموع	4	4	5	4	10	0	0	0	0	29	10	3	69

ملحق رقم (8)

عدد ايام العواصف الرعدية في محطة الأزرق الشمالي

السنة	كانون2	شباط	اذار	نيسان	ايار	حزيران	تموز	آب	ايلول	تشرين1	تشرين2	كانون1	المجموع السنوي
1981	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
1982	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
1983	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2
1984	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	3
1985	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	4
1986	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	3
1987	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
1988	1	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	5
1989	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
1990	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	4
1991	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	3
1992	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
1993	0	0	0	0	3	0	0	0	0	4	0	2	9
1994	0	0	2	0	0	0	0	0	2	2	1	0	7
1995	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	1	0	4
1996	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	5
1997	0	0	0	0	3	0	0	0	0	2	2	0	7
1998	0	0	2	1	0	0	0	0	1	2	0	2	8
1999	1	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	4
2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
2003	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	3
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2006	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
المجموع	3	1	7	7	15	0	0	0	5	24	13	8	83

ملحق رقم (9)

عدد ايام العواصف الرعدية في محطة غور الصافي

السنة	كانون2	شباط	اذار	نيسان	ايار	حزيران	تموز	آب	ايلول	تشرين1	تشرين2	كانون1	المجموع
1977	1	2	1	1	2	0	0	0	0	0	2	2	11
1978	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
1979	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2	0	4
1980	0	1	2	1	0	0	0	0	0	1	1	4	10
1981	1	2	3	0	0	0	0	0	0	1	2	0	9
1982	3	2	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	10
1983	3	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	8
1984	2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
1985	0	1	1	2	2	0	0	0	0	1	2	1	10
1986	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	2	1	6
1987	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2
1988	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	4
1989	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1990	0	0	0	4	0	0	0	0	0	2	0	0	6
1991	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1992	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1993	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	3	5
1994	0	2	1	0	0	0	0	0	2	6	3	0	14
1995	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1997	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1998	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
2003	0	0	0	دد	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
2006	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
المجموع	12	14	19	13	11	1	0	0	3	17	16	15	2

ملحق رقم(10)

عدد ايام العواصف الرعدية في محطة الباقورة

السنة	كانون2	شباط	اذار	نيسان	ايار	حزيران	تموز	آب	ايلول	تشرين1	تشرين2	كانون1	المجموع
1977	4	0	4	2	0	0	0	0	0	2	2	0	14
1978	1	1	6	2	0	1	0	0	0	1	2	2	16
1979	0	1	2	2	0	0	0	0	0	3	1	3	12
1980	4	0	3	2	0	0	0	0	0	1	0	1	11
1981	2	3	6	2	0	0	0	0	0	2	2	0	17
1982	2	3	4	1	3	0	0	0	1	1	3	0	18
1983	4	6	3	1	1	0	0	0	0	0	2	1	18
1984	1	1	4	2	0	0	0	0	0	3	3	2	16
1985	0	2	0	2	1	0	0	0	0	2	1	1	9
1986	0	5	2	2	1	0	0	0	0	1	6	3	20
1987	0	1	2	0	0	0	0	0	0	3	0	2	8
1988	1	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	2	8
1989	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
1990	2	2	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	10
1991	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	8
1992	0	5	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	9
1993	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	2	0	6
1994	0	2	3	1	0	0	0	0	2	2	2	2	14
1995	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	4
1996	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1997	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
1998	2	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
1999	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
2000	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2001	1	2	2	1	1	0	0	0	0	0	1	0	8
2002	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	5
2003	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	2	1	6
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
2006	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3

ملحق رقم (11)

عدد ايام العواصف الرعدية في محطة الرويشد

السنة	كانون2	شباط	اذار	نيسان	ايار	حزيران	تموز	آب	ايلول	تشرين1	تشرين2	كانون1	المجموع
1977	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	4
1978	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1979	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3
1980	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	3
1981	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
1982	1	0	2	5	3	0	0	0	0	2	0	0	13
1983	0	0	1	1	4	0	0	0	0	0	1	1	8
1984	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	4
1985	0	0	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	5
1986	0	1	0	2	1	0	0	1	0	0	0	0	5
1987	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3
1988	2	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	6
1989	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1990	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0	4
1991	0	2	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	6
1992	0	0	0	2	3	1	0	0	0	0	1	0	7
1993	0	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0	0	5
1994	0	0	0	0	1	0	0	0	3	5	2	0	11
1995	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2	0	4
1996	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	2	6
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	3
1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	7	8
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1

ملحق رقم (12)

عدد ايام العواصف الرعدية في محطة مطار عمان

السنة	كانون2	شباط	اذار	نيسان	ايار	حزيران	تموز	آب	ايلول	تشرين1	تشرين2	كانون1	المجموع
1977	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2	4
1978	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	5
1979	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	3	1	6
1980	3	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	4	12
1981	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1982	2	0	0	2	3	0	0	0	0	0	1	0	8
1983	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	4
1984	2	0	0	1	0	0	0	0	0	3	1	1	8
1985	0	3	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	5
1986	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	5
1987	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
1988	1	2	1	1	0	0	1	0	0	2	0	2	10
1989	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1990	1	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	5
1991	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	1	0	5
1992	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	4
1993	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	4
1994	0	1	0	0	0	0	0	0	1	6	3	1	12
1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1997	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	3
1998	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3
2002	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2003	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2006	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
المجموع	11	19	8	13	9	2	1	0	2	26	15	14	119

ملحق رقم (13)

عدد ايام العواصف الرعدية في محطة الجفر

السنة	كانون2	شباط	اذار	نيسان	ايار	حزيران	تموز	آب	ايلول	تشرين1	تشرين2	كانون1	المجموع
1977	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1978	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1979	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1980	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1981	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1982	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1983	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1984	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
1985	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
1986	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
1987	0	0	1	0	1	0	0	0	0	3	0	0	5
1988	1	0	1	1	0	0	0	0	0	2	0	0	5
1989	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2
1990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
1991	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1992	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1993	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	1	4
1994	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	1	0	4
1995	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
1996	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
1997	1	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0	0	4
1998	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
1999	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
2000	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
2001	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2002	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1
2003	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
2004	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2005	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2006	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

قائمة المراجع

أولاً: المراجع العربية

1. إبراهيم العرود، (1997) مبادىء المناخ الطبيعي، ط1، دار الشروق، عمان – الأردن.
2. إبراهيم العرود، (2001)، التغير المناخي في الميزان، ط1، المكتبة الوطنية، عمان – الأردن.
3. إبراهيم العرود، (2002) مبادىء الجغرافيا الطبيعة، ط1، مطبعة البهجة، إربد – الأردن.
4. أحمد الشمايلة، (1990) المنخفضات الخماسينية والعواصف الغبارية المرافقة لها في شرق المتوسط مع التركيز على الأردن، رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الأردنية – الأردن.
5. البنك المركزي الأردني، التقرير الإحصائي السنوي للفترة من 1999 – 2008.
6. بيري، ص، ز، وتشورلي، ص، ي، (1993)، الغلاف الجوي والطقس والمناخ، ترجمة عبدالقادر عبدالعزيز علي، المجلس الأعلى للثقافة، القاهرة – مصر.
7. ثعبان كاظم، (1998)، هندسة السيطرة على المياه، ط1، دار الشروق للنشر والتوزيع، عمان – الأردن.
8. جودة حسنين، (2004)، أسس الجغرافية العامة، ط1، دار المعارف، الاسكندرية – مصر.
9. حازم العاني، وماجد السيد ولي محمد، (1985) خرائط الطقس والتنبؤ الجوي، ط1، وزارة التعليم العالي العراقية، جامعة البصرة – العراق.

10.حامد الخطيب، (2001)، مقارنة في منظومة الغـــلاف الجـــوي علـــى ارتفـــاع 500 هكتوباسكال بين سنتين واحدة مطيرة وأخرى جافة (1991/1992-1998/199)، مجلة دراسات، المجلد (28)، العدد (2)، ص – ص: 463 – 477.

11.حسن ابو العينين، (1981) أصول الجغرافيا المناخية، ط1، الدار الجامعيـــة، بـــيروت – لبنان.

12. دائرة الأرصاد الجوية الأردنية، السلاسل الزمنية السنوية الشهرية واليومية لبعض عناصر الطقس في الأردن، خلال الفترة من 1977 – 2008.

13. دائرة الأرصاد الجوية الأردنية، بيانات يومية سطحية وعلويـــة للأيـــام مـــن 24 -27 /2010/2.

14. ر، ر، رجيرز، (د.ت) فيزياء السحب، ترجمة محي الدين عباس وآخـــرون، جامعـــة المستنصرية، بغداد – العراق.

15. صبيح يوسف طاهر، (1980) تحليل الخصائص المناخية لإقليم بلاد الشام، مجلة جامعة الموصل، العدد التاسع.

16. صلاح الدين بحيري، (1991)، جغرافية الأردن، ط2، مكتبة الجامع الحسيني، عمان – الأردن.

17.صلاح الدين بحيري، (1994)، الأردن: دراسة جغرافية، ط2، المكتبة الوطنية، عمان – الأردن.

18. صـــلاح بشـــير موســـى، (2005)، المنـــاخ الطبيعـــي، ط1، المكتـــب الجـــامعي الحديث،الاسكندرية – مصر.

19. عامر قنديلجي، (2010)، البحث العلمي واستخدام مصـــادر المعلومـــات التقليديـــة والالكترونية، ط2، دار المسيرة، عمان – الأردن.

20. عبدالدايم الكحيل، (2008)، ظواهر كونية بين العلم والإيمان، ط1، المجلس الوطني للاعلام، دبي – الإمارات.

21. عبدالرحمن حميدة، (1969)، علم المناخ، ط1، مطبعة جامعة دمشق – سورية.

22. عبدالقادر عبدالعزيز علي، (1982) الطقس والمناخ والميترولوجيا، دراسة في الجغرافية المناخية، دار الجامعة للطباعة الحديثة، القاهرة – مصر.

23. عبدالله سالم عومر وآخرون، (1990) جغرافيا الوطن العربي، ط1، طرابلس.

24. عبدالملك علي الكليب، (1981)، مناخ الكويت، ط1، إدارة الأرصاد الجوية الكويتية - الكويت.

25. علي أبو حسين، (1994)، تأثير منخفض البحر الاحمر على مناخ الأردن في فصلي الربيع والخريف، رسالة ماجستير غير من منشورة، الجامعة الأردنية – الأردن.

26. علي البنا، (1970)، أسس الجغرافية المناخية، ط1، دار النهضة، بيروت – لبنان.

27.علي عودة، رئيس القسم الهندسي في شركة امنية للاتصالات، مقابلة شخصية يوم 2009/9/23.

28.علي غانم، (1993)، الأحوال الجوية المرتبطة بفيضان آذار عام 1991 على المناطق الجنوبية من الأردن، مجلة دراسات، المجلد العشرون (ب)، العدد الاول، كانون الثاني، ص – ص: 7 - 25.

29. علي غانم، (1994)، الأمطار الصيفية غير العادية في الأردن: حالة دراسية للأمطار في حزيران 1992، مجلة دراسات (العلوم الإنسانية) المجلد الحادي والعشرون (أ)، العدد السادس، ص – ص: 173 – 189.

30. علي موسى، (1989)، العواصف والأعاصير، ط1، دار الفكر، دمشق – سورية.

31. علي موسى، (1994)، اساسيات علم المناخ، ط1، دار الفكر، دمشق – سورية.

32. علي موسى، (2009)، العواصف الرعدية، ط1، مطبعة نينوى، دمشق – سورية.
33. علي موسى، المناخ والأرصاد الجوية، ط1 (منشورات جامعة دمشق – سورية.
34. فهد الكليبي، (2005)، مؤشرات رياضية مقترحة لتحديد حالة الاستقرار وعدم الاستقرار الجوي في وسط المملكة العربية السعودية، مجلة جامعة الملك سعود، الآداب، المجلد (17) العدد (2)، ص – ص: 399 – 428.
35. فهد الكليبي، (2008)، توظيف التحليل الثيرموديناميكي للتوقع قصير المدى للعواصف الرعدية في وسط المملكة العربية السعودية، مجلة جامعة الملك سعود، الآداب، المجلد (21)، العدد (2)،ص – ص: 129 – 143.
36. فواز الموسى، (2002)، الخصائص المناخية للحرارة والأمطار في منطقة شرق البحر المتوسط، رسالة دكتوراه، جامعة عين شمس، القاهرة – مصر.
37. كامل أبو ظافر، (1993)، العواصف البردية في المرتفعات الجبلية في الأردن، رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان – الأردن.
38. مجمع اللغة العربية، (1972)، المعجم الوسيط، الجزء الأول، الإدارة العامة للمعجمات وإحياء التراث، القاهرة – مصر.
39. محمد إبراهيم حسن، (2001)، جغرافية الوطن العربي وحوض البحر المتوسط، الجزء الاول، ط1، مؤسسة شباب الجامعة للنشر، الاسكندرية – مصر.
40. محمد الزوكه، (د.ت)، آسيا: دراسة في الجغرافية الإقليمية، ط2، دار المعرفة الجامعية، القاهرة – مصر.
41. محمد بني دومي، (2000) اتجاه محور الاخدود والانبعاج فوق البحر المتوسط عند مستوى ضغط 500 هكتوباسكال، مجلة مؤته للبحوث والدراسات، المجلد (15) العدد (5)، ص – ص: 361 – 378.

42. محمد بني دومي، (2002)، تحليل الظروف الجوية غير الاعتيادية التي سببت حـــدوث العاصفتين المتتايتين الخماسينية والثلجية اللتين أثرتا على الأردن للفترة من 15- 18 آذار 1998، أبحاث اليرموك (سلسلة العلوم الإنسانية والإجتماعية)، المجلد (18) العدد (2 أ)، ص – ص: 385 – 409.

43. محمد صبري محسوب ومحمد أرباب، (2002)، الكوارث والأخطارالطبيعية، ط1، دار الفكر العربي، القاهرة – مصر.

44. محمد نجيب عبدالعظيم، (1998)، علم المناخ المعاصر، ط1، جامعـــة الإســـكندرية – مصر.

45. محمود أبو العلا، (1982)، جغرافية العالم العربي، ط3، مكتبة الانجلو المصرية، القاهرة – مصر.

46. محمود حسن نوفل، (1991)، البيئة العمرانية وأخطار التلوث، مجلة أسيوط للدراسات البيئية، العدد (1)، مركز الدراسات والبحوث البيئية، جامعة أسيوط، يوليو، ص – ص: 76-77.

47. محمود رمزي، (1990)، جغرافية آسيا، الجزء الأول، ط1، مطبعة جامعة دمشـــق – سورية.

48.المديرية العامة للدفاع المدني الأردني، إدارة الإعلام،صور فوتوغرافية لفتـــرات زمنيـــة مختلفة.

49.المديرية العامة للدفاع المدني الأردني، إدارة الكوارث، بيانات غير منشورة لفترات زمنية مختلفة.

50.المديرية العامة للدفاع المدني الأردني، التقرير الإحصائي السنوي للفتـــرة مـــن 1999 – 2008.

51. المنظمة العربية للتنمية الزراعية، (1976)، المناخ الزراعي في الوطن العربي، الخرطوم- السودان.

52. نعمان شحادة، (1983)، علم المناخ، ط1، مطبعة النور النموذجية، عمان – الأردن.

53. نعمان شحادة، (1991)، مناخ الأردن، ط1، دار البشير، عمان – الأردن.

54. نعمان شحادة، (1992)، حالات عدم الاستقرار الجوي التي يتعرض لها الأردن أثناء الفصل المطير، مجلة البحوث والدراسات العربية، العدد (20)، ص- ص: 255 – 277.

55.نعمان شحاده، (1985)، فصلية الأمطار في الحوض الشرقي للبحر المتوسط وآسيا العربية، مجلة دراسات (العلوم الطبيعية والجغرافيا) المجلد الثاني عشر، العدد السابع،ص – ص: .

56. نوح الصبابحة، (2005)، حالات عدم الاستقرار الجوي في الأردن (1990 - 2003)، رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان – الأردن.

57. وزارة الزراعة الأردنية، مديرية المعلومات والحاسوب، بيانات غير منشورة للفترة 1999 – 2008.

58. وزارة المياه والري الأردنية، بيانات يومية للأمطار يوم 22-23 آذار 1991.

59. يحيى فرحان وآخرون، (1991)، المدخل إلى الجغرافية الطبيعية، ط1، جمعية عمال المطابع التعاونية، عمان – الأردن.

60. يوسف فايد وآخرون، (1976)، جغرافية المناخ والنبات، ط1، دار النهضة، بيروت – لبنان.

61. يوسف فايد وآخرون، (1994)، مناخ مصر، ط1، دار النهضة العربية، القاهرة- مصر.

62. يوسف فايد، (1971)، جوانب من مناخ الاردن، ط1، جامعة بيروت العربية، بيروت – لبنان.

63. يوسف فايد، (2005)، جغرافية المناخ والنبات، ط5، دار الفكر العربي، القـــاهرة – مصر.

64. يوسف فايد، (1972)، مناخ لبنان، ط1، دار النهضة، بيروت – لبنان.

ثانياً: المراجع الإنكليزية

1. Adil. A. Hassan. A., (1970) Characteristics of Khamasin Condition in March 1967, Meteorological Research Bulletin, NO. 1, V. 1, Cario, Pp: 103 – 104.
2. Ahrens, C.D., (1994): Meteorology Today”. West Publishing Company, New York, 5th Ed.
3. Ahrens, D., (1985): Meteorology Today, West Publishing Company, New York, 2th Ed.
4. Alkolibi F. M., (2000): Surface and upper level Pressure Patterns and Anomalies Associated with Thunderstorms in the central Part of Saudi Arabia, Jour of the Gulf and Arabian Peninsula Studies, Vol. 96, Pp: 177 – 208.
5. Ashbel, D., (1983): Great Floods in Sinai Peninsula, Palestine, Syria and the Syrian Desert, and the Influence of the Read Sea On their Formation, Q. J. Roy, Met. Sco, Vol. 64, Pp: 635-639.
6. Barry, R. G. and Chorley, R.J., (1998): Atmosphere Weather and Climate, Library of Congress, 7th Ed.
7. Buthoux, J.P. & Gentili, B.,(1989): The Mediterranean Sea, A Test Area For Marine and Climatic Interactions in Mallnot, R. P & Robinson, A. R. (Eds) Ocean Processes in Climate Dynamics Global and Mediterranean Examples , NATO ASI Series C: Mathematical

and physical Sciences – Vol, 419, Kluwer Academic Publishers, London.

8. Blintliff J, L and Willem V, S., (1982): palaeoclimates Palaeouviron – meats and Human communities in Eastern Mediterranean,
9. Browning, K. A., (1968): The organization of sever local storms, weather, 23, Pp: 429-434.
10. Charles A. D., (1985): Storm Scale Analysis, NOAA Technical Memorandum, Environmental Sciences Group, Boulder, Colorado.
11. Dayan, U, et. Al., (1983): Heavy Rain in the Middle East Related to Unusual Jet Stream Properties, Bulletin of the American Meteorological Society, 64, 10. Pp: 1138-1140.
12. Edmund. C. C., (2004): Field measurement and experimental study of wind speed profile during thunderstorms, Journal of wind engineering and industrial Aerodynamics, vol, 92, Pp: 275-290.
13. Henderson–Sellers, A & Robinson, P. J; (1988): Contemporary Climatology. Longman, England.
14. Herbert Riehl., (1978): Introduction to the Atmosphere, National Center for Atmospheric Research, Boulder, Colorado, 3th Ed.
15. Horace, R. Byers., (1974): General Meteorology, New York, MC, Graw Hill.
16. Howard, J. Cirtchfield., (1966): General Climatology, N.J.
17. Kessller, E., (1969): On the Distribution and Continuity of Water Substance in Atmospheric Circulation. Meteor. Monogr. 10, N0. 32. Amer. Meteor. Soc, Boston, M A.
18. Leslie Mullen., (1999) Three from the Blue, Available at http://www.nasa.gov.html.
19. Leslie Mullen., (1999): Spirits of Another Sort, Available at http://www.nasa.gov.html.

20. Levi. M., (1970): The Synoptic of Hail in Palestine, Palestine Journal of Earth Sciences, Vol, 19, Pp: 77-83.
21. Lutgaens, F.K. and Tarbuk, E.J., (1998): The atmosphere: An introduction to meteorology, prentice hall, New Jersey, USA.
22. Meteorological Office, (1962): Weather In The Mediterranean, General Meteorology, vol, 1 (Her Majesty's stationary office, London).
23. Qassem. Y. T., (2002): Rainfall and Drought Patterns in Jordan. PhD, Istanbul Technical University. 2002.
24. Siraj. A., (1986): Azib Weather, W. M. O, Trop. Met. Rea. Prog, Rep Series Vol, 29. Pp: 19-23.
25. Trewartha, G. T., (1954): an Introduction to Climate. Mc Graw-Hill Book Company, Inc, New York.
26. Uman, M. A., (1984): Lightning, Courier Dover Publication, New York.
27. Feynman, et al., (1964): Electricity in the atmosphere, the Feynman Lectures on physics, vol, 2, mainly Electromagnetism and Matter, Addison – Wesley, Reading, MA, PP: 121 – 132.
28. March 1967, Meteorological Research Bulletin, NO. 1, V. 1, Cairo, Pp: 103 – 104.

ثالثاً: المواقع الإلكترونية (الإنترنت)

1. http//gbssci/phys/class /light /u121ib.htm
2. http//www.cdc.noaa.gov/cdc/data.ncep.reanalysis.
3. http//www.cdc.noaa.gov/cdc/data.ncep.reanalysis.html
4. http//www.cdc.noaa.gov/cdc/data.ncep.reanalysis.html.

5. http//www.cdc.noaa.gov/data.reanalysis.html
6. http//www.lightningeliminators.com/Lightning%20101/lightning_glossary.htm.
7. http//www.lightningphotographay.com.
8. http//www.maps.com.
9. http//www.nasa.com.
10. http//www.unep.org/GC/GCSS-IX/Documents/K0584609.a.doc
11. http://www.glenbrook.k12.il.us
12. http://www.ar.wikipedia.org/wiki.

Damascus University
Faculty of Arts
Department Of geography

Thunderstorms and its effects in Jordan

Athesis presented for Ph.D in Physics geography

Presented By

Sattam Salem muqbil Alshogoor

Supervised By

Main Supervisor	**Co-supervisor**
Prof. Dr. Ali mosa	proof. Dr. Ibrahim oroud

Damascus 2010

Abstract

Thunderstorms and its effects in Jordan

The present study discuses the Synoptic and dynamics of thunderstorms in the Hashemite Kingdom of Jordan through analysis the surface weather charts (sea Level) and charts at Upper weather (many levels). Twelve meteorological stations it was used to representative of all regions in Jordan, namely, Jordan valley, mountainous area and desert area, were chosen to known the temporal and spatial distribution of thunderstorms days during the period from 1977 - 2006.

Also it aims to known the upper and surface weather conditions associated with thunderstorms and analysis its effects in Jordan during the period from 1999 - 2008. The study consisting the atmosphere instability case which affected Jordan between 25-27 February 2010, were accompanied with violent thunderstorms.

The result of study classifying thunderstorms which according to synoptic conditions Jordan faces during the study period to: Thunderstorms associated with cold front, Thunderstorms associated with red sea through and Thunderstorms associated with khamasenic depression. Also the result showed that the spatial distribution of thunderstorms days decreasing in tow direction: the first one is toward east with increasing longitude, and the second towards the south with decrease latitude.

The study showed high coefficient of annual, quarterly and monthly of thunderstorms days in the study stations, it refer to general air traffic in the Eastern Mediterranean, as well as the thunderstorms days taking decreasing trend in all

stations throughout the study period, which reflected negatively on the general trend rains. Finally, results showed that weather conditions associated with thunderstorms lead to health, environmental and economic impacts.